

**ANALISIS DEL PRONOSTICO DE DEMANDA PARA M & G
POLIMEROS REGION AMERICAS**



Tesis presentada por

MELBA MARISELA AGUILAR RODRIGUEZ

**Presentada ante la Dirección Académica de la Universidad
Virtual del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de
Monterrey como requisito parcial para optar al título de**

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

Mayo de 2002

**ANÁLISIS DEL PRONÓSTICO DE DEMANDA PARA M&G POLÍMEROS
REGIÓN AMÉRICAS**

Tesis presentada por

MELBA MARISELA AGUILAR RODRÍGUEZ

Presentada ante la Dirección Académica de la Universidad Virtual del Instituto
Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey como requisito parcial para optar al
título de

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD**

Mayo de 2002

® Melba Marisela Aguilar Rodríguez 2002

Todos los derechos reservados

Está prohibida la copia, publicación o divulgación total o parcial de este documento sin la autorización escrita del autor.

DEDICATORIA

A mi esposo Eduardo, quien con su amor y su apoyo incondicional me ha inspirado para crecer en mi vida profesional a la vez que formamos una hermosa familia.

A mi padre, ejemplo de tesón y amor por la vida.

Al Lic. Juan Di Costanzo de quien siempre he recibido una palabra de aliento en el momento correcto.

RECONOCIMIENTOS

El autor desea expresar sus más sinceras formas de gratitud al Ingeniero Daniel Zavala Río por el tiempo otorgado en el asesoramiento de esta tesis.

Así mismo, el autor desea expresar su reconocimiento al cuerpo directivo de M&G; por su compañerismo y apoyo en el desarrollo de la presente tesis. En especial a los señores Marco Ghisolfi, CEO PET Business Unit, Mario Barbieri, Procurement & Supply Chain Director; Fred Fournier, Sales & Marketing Director; Andre Meyer, Manufacturing Manger; y Mark Adlam, Sales & Marketing Manager Americas.

RESUMEN

M&G Polímeros forma parte del Gruppo Mossi & Ghisolfi; una compañía familiar dedicada a la elaboración y transformación de resinas plásticas. Su principal unidad de negocio es la del Polietileno Tereftalato (PET). M&G es el tercer productor mundial de resinas de PET y cuenta con dos sitios de producción en América; con una capacidad total de 390,000 toneladas anuales. La estrategia de M&G es posicionarse como líder del mercado y sostener relaciones comerciales de largo plazo con sus clientes. Actualmente está en el proceso de ampliar su capacidad, agregando una planta más en Altamira, Mexico.

M&G basa su planeación anual en el pronóstico de ventas; emitido cada Noviembre para el año subsiguiente. Actualmente el cálculo de tales estimados de ventas se hace de forma empírica, considerando datos cualitativos tales como metas del negocio, contratos existentes, tratos por cerrar y capacidades de planta. No existe un estudio estadístico que apoye tal estimado.

Mediante este trabajo se han estudiado tres años de ventas de M&G en la región América, encontrando que su comportamiento es estacional; sin tendencia aunque existe discrepancia en algunos meses del año. Para pronosticar de acuerdo a estos datos se utilizaron tres modelos de pronósticos: estacional horizontal, pronóstico móvil simple y una combinación de ambos; comparando los errores resultantes entre el pronóstico del tercer año y las ventas finales mediante el error cuadrado medio de los mismos.

En paralelo se compararon los resultados de las ventas con el pronóstico que M&G emitió en su momento, encontrando que el pronóstico híbrido arroja un error cuadrado medio menor a los otros pronósticos modelados. Se establece que para estudios futuros es necesario contabilizar el costo por sobreestimar o subestimar las ventas, para con ello agregar un elemento de ponderación a los valores obtenidos con el modelo. Finalmente, se establece la aplicación de este trabajo como base para la futura elaboración de un estudio de inventarios para M&G Américas.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo de la Tesis	1
1.2 Producto Final	1
1.3 Factores a investigar	1
1.4 Planteamiento de Hipótesis	2
CAPITULO 2.....	3
REVISION BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 El nivel de servicio y el pronóstico de ventas.....	3
2.2 Métodos de pronósticos.....	4
2.3 Patrones de la demanda	8
2.4 Influencia del pronóstico de demanda en el manejo de inventarios.....	10
2.5 Integración entre el pronóstico de demanda y la producción.....	12
2.6 Introducción a la química del PET.....	13
2.7 Breve descripción del proceso de manufactura del PET.....	15
2.8 La Compañía: Gruppo M&G Finanziaria.....	16
2.9 Organización de M&G Unidad de Negocio PET	18
2.10 El pronóstico de demanda en M&G Américas.....	18
CAPITULO 3.....	20
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1 Generalidades	20
3.2 Detalle sobre la investigación.....	20
3.3 Tipo de Muestreo	22
3.4 Aplicación de la metodología	23
CAPITULO 4.....	24
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
4.1 Análisis del mercado mundial del PET	24
4.2 Análisis de la demanda por sector.....	25
4.3 Evolución de precios del PET grado botella (o moldeado por soplado).....	30
4.4 Análisis de las Ventas en la región América de M&G Polímeros.....	31
4.5 Participación de M&G en el mercado Americano.....	34
4.6 Ventas mensuales de 1999 a 2001.....	34
4.7 Elementos de tendencia	35
4.8 Selección del modelo de pronósticos	36
A) Modelo Estacional Horizontal (Thomopoulos, 1986).....	38
B) Pronóstico con promedio móvil simple.....	40
C) Combinación de ambos métodos ó pronóstico híbrido.....	40
4.9 Conclusiones	42
4.10 Mecánica del pronóstico híbrido.....	46
CAPÍTULO 5.....	48
RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	48

GLOSARIO	50
BIBLIOGRAFIA	52
VITAE.....	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.4.1 Gráfica de ventas M&G Polímeros 1999-2001.....	2
Figura 2.4.1 Relación de costo contra riesgo en la inversión de inventario.....	12
Figura 2.9.1 Organigrama de la unidad de negocios del PET.....	18
Figura 3.2.1 Funciones que influyen en el resultado de las ventas.....	22
Figura 4.1.1 Porcentajes de crecimiento de mercado del PET de 1990 a 2000.....	24
Figura 4.2.1 Ejemplo gráfico del uso del PET en bebidas carbonatadas y agua.....	26
Figura 4.2.2 Ejemplo gráfico del uso del PET en llenado en caliente.....	26
Figura 4.2.3 Ejemplo gráfico del uso del PET en envase de otros alimentos.....	27
Figura 4.2.4 Ejemplo gráfico del uso del PET en charolas para comida.....	28
Figura 4.2.5 Análisis de mercados finales para el PET DE 1998 a 2001.....	29
Figura 4.3.1 Evolución de los precios del PET en el último lustro.....	31
Figura 4.4.1 Ventas brutas M&G América 1997-2001.....	32
Figura 4.5.1 Participación de M&G en el mercado americano.....	34
Figura 4.6.1 Ventas mensuales de M&G 1999 a 2001.....	35
Figura 4.9.1 Comparativo de pronósticos A, B, C vs ventas 2001.....	43
Figura 4.9.2 Comparativo de pronósticos M&G vs ventas 2001.....	44
Figura 4.9.3 Comparativo de pronóstico estacional vs ventas 2001.....	44
Figura 4.9.4 Comparativo de pronóstico con promedio móvil simple B vs ventas 2001.....	45
Figura 4.9.5 Comparativo de pronóstico híbrido C vs ventas 2001.....	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.7.1 Listado de ventas brutas M&G Ene 1999 a Dic 2000	37
Tabla 4.7.2 Búsqueda de los parámetros de referencia α y γ utilizando 12 meses.	38
Tabla 4.7.3 Resultado del pronóstico estacional horizontal (Pronóstico A).....	39
Tabla 4.7.4 Comparativo entre el pronóstico M&G y las ventas de 2001.....	39
Tabla 4.7.5 Comparativo de errores con promedio móvil simple.....	40
Tabla 4.7.6 Elaboración de pronósticos C ó pronósticos híbridos con diferentes “n” para los meses calculados utilizando promedio móvil simple.	41
Tabla 4.7.7 Cálculo del error cuadrado medio para pronósticos híbridos.....	42
Figura 4.9.3 Comparativo de pronóstico estacional vs ventas 2001	44
Figura 4.9.4 Comparativo de pronóstico con promedio móvil simple B vs ventas 2001	45
Figura 4.9.5 Comparativo de pronóstico híbrido C vs ventas 2001	45

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo de la Tesis

Encontrar un modelo de pronósticos que se ajuste al comportamiento de las ventas de M&G Polímeros, región Américas. Con ello será posible en un estudio futuro determinar niveles de inventario adecuados para anticipar los movimientos del mercado y facilitar el proceso de planeación de la producción. M&G Polímeros región Américas se conforma de dos sitios de producción de Polietileno Tereftalato, uno en EEUU y otro en México, que sirven al mercado del continente Americano. En total hay tres plantas productoras en Estados Unidos y una planta productora en México.

1.2 Producto Final

Al concluir esta investigación se identificará si existen elementos de estacionalidad, tendencia o ciclos en la demanda de M&G, y de acuerdo a lo encontrado se aplicará un método de pronósticos que modele el comportamiento de las ventas en esta compañía y región. Se comparará con los pronósticos utilizados actualmente, que no utilizan evidencia estadística; para determinar si un modelo estadístico de pronósticos resulta más acertado. Además, de resultar concluyente la influencia de otros factores; se considerarán otros elementos no estadísticos o causales que influyen en el resultado de ventas mes a mes.

1.3 Factores a investigar

En el desarrollo de esta tesis se investigará y analizará el comportamiento de las ventas (si es que obedecen a algún comportamiento específico) de M&G Polímeros en las Américas así como su evolución en los años 1999 a 2001.

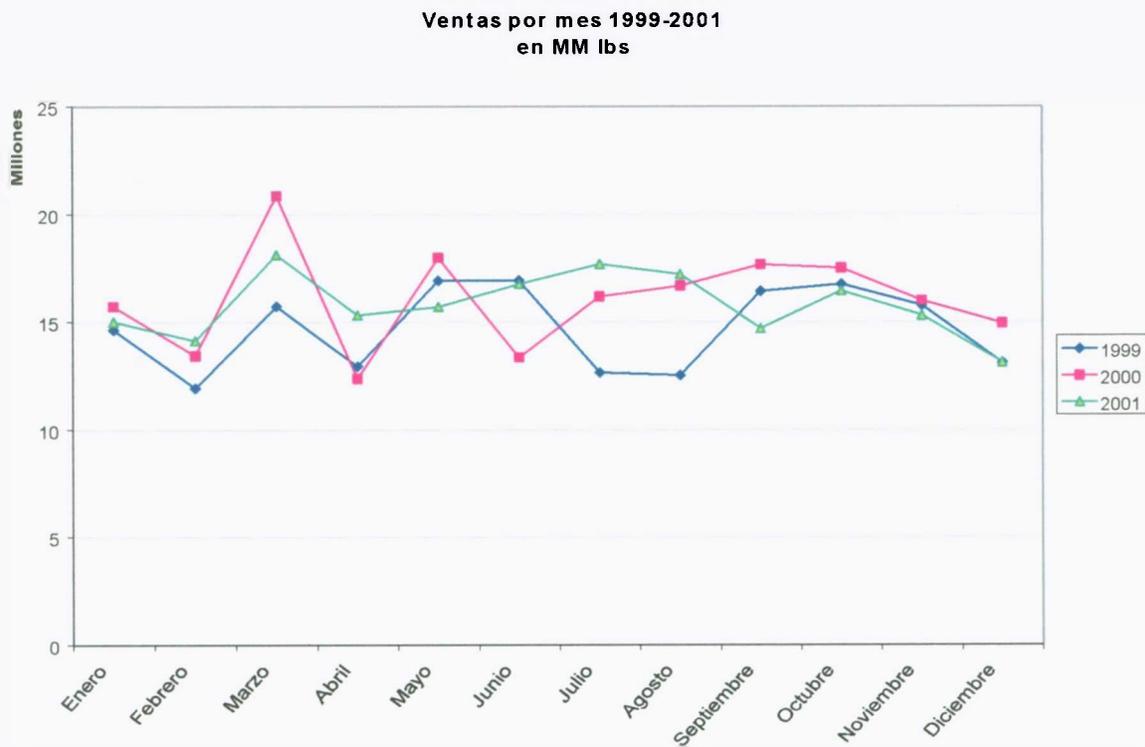
Se estudiarán los diferentes métodos de pronósticos para encontrar el que mejor modele las ventas. También se considerará un modelo híbrido en el que se podrá combinar dos o mas métodos de pronóstico para modelar las ventas de M&G. Se entiende por modelo híbrido un modelo de pronósticos fundamentado en series de tiempo; que utilice un

tipo de pronósticos particular para ciertos meses del año; y un modelo diferente para el resto del año.

Se utilizarán los pronósticos de demanda basados puramente en datos cualitativos; emitidos anualmente por el director de ventas, como referencia para comparar su efectividad contra un modelo estadístico. Además se estudiarán factores causales de influencia en la demanda, entre otros: cambios en los mercados, decisiones sobre capital de trabajo, estrategias de mercadotecnia, confiabilidad de equipo y planes estratégicos del negocio como elementos adicionales al pronóstico cuantitativo.

1.4 Planteamiento de Hipótesis

Figura 1.4.1 Gráfica de ventas M&G Polímeros 1999-2001



Observando la gráfica de las ventas anuales de M&G de 1999 a 2001 se plantea la siguiente hipótesis.

H_0 = Las ventas de M&G no se ajustan a un modelo estacional de pronósticos.

H_1 = Las ventas de M&G se ajustan a un modelo estacional de pronósticos.

CAPITULO 2

REVISION BIBLIOGRÁFICA

En un mundo industrial cada vez más competido; la correcta administración de la cadena de suministros (*Supply Chain*) se vuelve un ingrediente indispensable para lograr el éxito comercial. De 1995 a la fecha, las empresas químicas más grandes en términos de ventas; han logrado mejorar al 65% el tiempo de respuesta para sus clientes, y han mejorado en un 27% sus costos de logística (S. Geary 2000) mediante un enfoque hacia la administración de la cadena de suministros. La gerencia de suministros involucra las siguientes actividades: elaboración de pronósticos de demanda, planeación de la producción, compra y distribución de materiales, manejo de inventarios, procesamiento de órdenes, logística del servicio al cliente y transportación. (H. Ballou, 1992) .

Todas estas funciones se refieren a actividades básicas de las grandes empresas manufactureras que se relacionan con la producción, ventas, compras y distribución. La tarea de la gerencia de la cadena de suministros es el ser el eje alrededor del cual todas las funciones que generalmente se contraponen: ventas, producción y logística; cumplan su función armoniosamente; de forma que el resultado sea mayor ganancia económica para la empresa (Coyle et al. 1988). Así pues, la administración de la cadena de suministros se creó con el fin de reducir costos, aumentar los flujos de efectivo y optimizar la planta productiva sirviendo a los clientes de forma excelente (R.J. Schonberger 1990).

2.1 El nivel de servicio y el pronóstico de ventas

El pronóstico de ventas es una herramienta indispensable en la planeación de la cadena de suministros. En un mercado dominado por los clientes; en donde debe cumplirse al 100% los requerimientos del comprador para poder conservarlo; un pronóstico acertado es la base de un programa de producción que satisfará los requisitos de tiempo y cantidad de la clientela; a la vez que optimiza los recursos productivos disponibles.

Además, el pronóstico de ventas se necesita para establecer estándares de desempeño para el servicio a clientes, planear la distribución de la inversión total en inventarios, poner órdenes de reabastecimiento, identificar la necesidad de capacidad

adicional de producción y para escoger entre diferentes estrategias de operación (A. Silver et al 1998).

Generalmente se dice que el pronóstico de ventas es un "arte"; ya que el planeador confía más en sus corazonadas y otros datos no científicos para determinarla. Sin embargo, esta aseveración sólo oculta un proceso erróneo y poco profesional. El pronóstico de demanda basado en la estadística es posible; siempre y cuando se establezcan los canales adecuados para conseguir datos confiables (A. Linetsky 1999). Utilizando información histórica de las ventas; se pueden utilizar herramientas tales como los modelos de series de tiempo, la regresión simple y el análisis de correlación para hacer inferencias estadísticas útiles en el pronóstico de demanda (Thomopoulos 1980). Además de las herramientas estadísticas; es importante considerar las políticas de la alta dirección, las preferencias del consumidor y las tendencias económicas en general; las que tienen ciertamente una influencia muchas veces cuantificable en el resultado del pronóstico (A. Spurr 1967).

Por otro lado, en el pronóstico de demanda es importante medir los errores asociados (al comparar el resultado final contra el pronóstico) ya que: 1) la cantidad de inventario de seguridad dependerá del tamaño de este error en pronóstico y 2) los errores sirven para hacer inferencias sobre el desempeño del componente subjetivo del pronóstico. (A. Silver et al, 1998)

2.2 Métodos de pronósticos

Existen varios métodos de pronóstico que pueden aplicarse en situaciones distintas. Pronosticar es por definición, según George E. P. Box y Jenkins Gwilym M., una forma de traducir la experiencia pasada en estimados para el futuro. Para hacer pronósticos hay que definir cuál es el propósito del mismo, qué es lo que se desea pronosticar específicamente, qué tan importante es la experiencia pasada al predecir el futuro y qué sistema debe utilizarse para realizar el pronóstico (Weelwright & Makridakis, 1987).

De forma general, existen dos tipos de métodos de pronóstico: métodos cualitativos y métodos cuantitativos. Algunos de los métodos cualitativos más utilizados para pronosticar la demanda son el método Delphi en donde el pronóstico se desarrolla por un panel de expertos quienes responden a una serie de preguntas de forma anónima; la

investigación de mercados a través de paneles, cuestionarios, pruebas de mercado, encuestas, etcétera; las analogías en ciclos de productos, que son pronósticos basados en los ciclos de productos, servicios o procesos similares a los que se desea analizar; y juicio experto, realizado por la administración, la fuerza de ventas u otras personas con suficiente conocimiento de la situación (Makridakis et al, 1989).

Dentro de los métodos cuantitativos podemos mencionar dos tipos de pronósticos principales utilizados para predecir la demanda: los métodos causales (basados en una relación conocida o percibida entre el factor a pronosticar y otros factores internos o externos), y las series de tiempo; que se basan en el análisis de datos históricos asumiendo que los patrones de datos ocurridos en el pasado pueden utilizarse para pronosticar puntos de datos en el futuro.

Los siguientes son ejemplos específicos de métodos de pronóstico que utilizan series de tiempo:

a) Promedios móviles (pronostico móvil simple, pronostico móvil ponderado); es un pronóstico basado en un promedio aritmético de un número de datos dado.

b) Atenuación exponencial (simple o doble); es un tipo de promedio móvil ponderado que permite la inclusión de tendencias.

c) Modelos matemáticos (líneas de tendencias, modelos lineales, series Fourier); son modelos lineales y no lineales que se acomodan a series de tiempo, usualmente ocupando métodos de regresión.

d) Métodos de Box-Jenkins; métodos de correlación utilizados para identificar series de tiempo implícitas y para ajustar el "mejor" modelo.

Los componentes específicos de la demanda en series de tiempo son: el promedio o media de las observaciones a través del tiempo, la tendencia que es un incremento o decremento gradual en el promedio a través del tiempo, la influencia estacional traducida en un comportamiento cíclico predecible a corto plazo debido a la hora del día, de la semana, mes, estación, año, etc., movimiento cíclico que es un comportamiento a largo plazo que no puede predecirse debido a los ciclos económicos, de negocios o del ciclo de vida de un producto o servicio y finalmente el error aleatorio que es la variación restante que no puede ser explicado por ninguno de los otros cuatro componentes (Makridakis et al, 1989).

A continuación explicaré brevemente los métodos cuantitativos que pueden utilizarse para modelar las ventas de M&G:

a) Promedio móvil simple.- Las técnicas de pronóstico móvil pronostican la demanda calculando un promedio de demandas reales desde un número específico de periodos previos. Cada nuevo pronóstico substituye la demanda en el periodo anterior y lo reemplaza con el del periodo más reciente; por lo tanto los datos en el cálculo se "mueven" a través del tiempo. Este método sirve para atenuar fluctuaciones a corto plazo en una serie de tiempo, y siempre debe especificarse una longitud asociada con él, es decir se debe indicar para cuántos periodos se hará el promedio móvil. Puede esquematizarse con la siguiente fórmula, en donde N es el número total de periodos en el promedio, A_t es el pronóstico para el periodo corriente, D_t es la demanda del periodo más reciente, D_{t-1} es la demanda del periodo anterior y así sucesivamente.

La decisión clave en este método es la N; ¿cuántos periodos deben considerarse para el pronóstico? Ya que mientras más grande sea la N el pronóstico es menos susceptible a variaciones aleatorias, pero responde menos a los cambios. Un valor grande de N es apropiado si el patrón implícito de la demanda es estable. Por el contrario, se recomienda utilizar un valor más pequeño de N si el patrón implícito es cambiante o si hay alguna importancia relativa para identificar fluctuaciones en el corto plazo.

$$A_t = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

b) Promedio móvil ponderado.- Este es un promedio móvil en donde cada demanda histórica puede tener un peso promedio diferente. La fórmula para representarlo es:

$$A_t = W_1 D_t + W_2 D_{t-1} + W_3 D_{t-2} + \dots + W_N D_{t-N+1}$$

En donde W_t = al peso aplicado en la demanda del periodo t. Considere que la sumatoria de todos los pesos deberá ser 1.

c) Atenuación exponencial.- En este modelo se da mayor peso a la demanda de periodos recientes, y menos a la de periodos anteriores. La fórmula para representarlo es:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) A_{t-1}$$

En donde: α = parámetro de atenuación entre 0 y 1.

A mayor el parámetro, mayor el peso que se le da a la demanda más reciente.

d) Atenuación exponencial doble.- cuando se ha identificado una tendencia, la técnica de pronóstico debe considerarla; ya que ignorar la tendencia causará que el pronóstico esté siempre abajo (con una tendencia a la alza) o arriba (con una tendencia a la baja) de la demanda real. El método de atenuación exponencial doble suaviza (o atenúa) tanto el promedio de la serie como la tendencia del pronóstico para un periodo determinado.

e) Método estacional multiplicativo o de descomposición de series de tiempo.- En este modelo se asume que el producto de los cuatro factores: tendencia, índice estacional, ciclo a largo plazo y fluctuación irregular; puede utilizarse como forma de representar los datos en la serie de tiempo. Este modelo se representa con la fórmula siguiente:

$$Y_i = T_i \times S_i \times C_i \times I_i$$

En donde la Y representa el valor observado para el periodo de tiempo, T es la tendencia secular, S es el índice estacional, C es el ciclo a largo plazo e I es la fluctuación irregular (Iman & Conover, 1989).

f) Modelo estacional horizontal.- Corresponde con los artículos para los cuales su demanda esperada en el tiempo t es $\mu_t = \mu \rho_t$. A este respecto μ es el nivel promedio en todos los periodos de tiempo y ρ_t es el factor estacional en el tiempo t. El factor estacional para el periodo t se saca de la relación entre μ_t y μ . Es importante aclarar que los factores estacionales siempre son mayores o iguales a cero y tienen un valor promedio de 1 para todos los periodos en el ciclo. De esta forma la demanda promedio sobre un ciclo estacional es μ , de forma que se balanceen las demandas altas y bajas esperadas a lo largo de un ciclo (Thomopoulos, 1986).

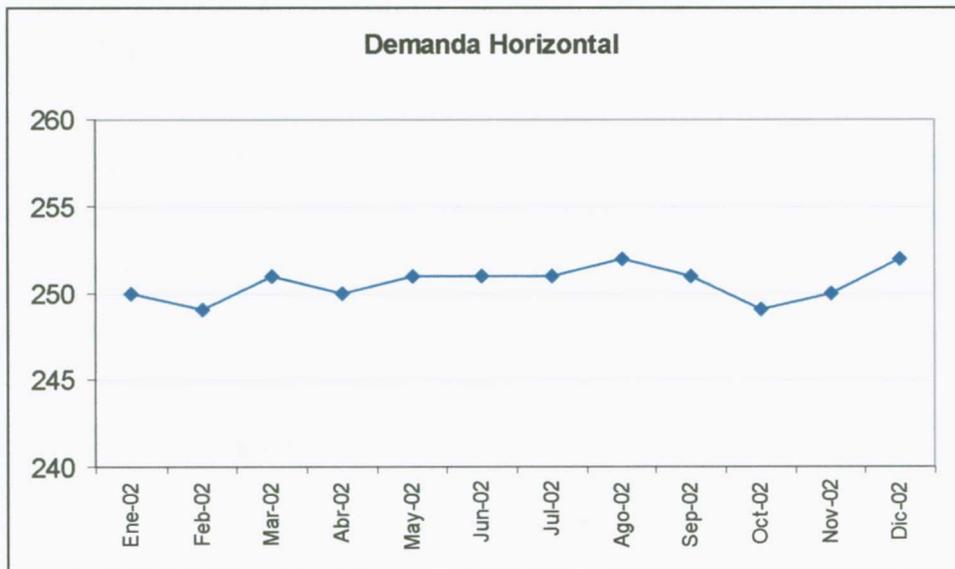
Para obtener información de pronósticos acertada, es necesario considerar el error en el pronóstico. Existen dos aspectos importantes del error en el pronóstico que deben tomarse en cuenta: el sesgo y la certeza. Se considera que hay sesgo en un pronóstico si tiende a errar más en una dirección que en la otra. Por otro lado, la certeza se refiere a la distancia del pronóstico a la demanda real sin importar la dirección de este error (Makridakis et al, 1989).

2.3 Patrones de la demanda

Al analizar series de tiempo para pronósticos de demanda es importante determinar el patrón de demanda que los datos históricos muestran. El modelo de pronóstico utilizado en la estimación de demanda debe ser compatible con el patrón de demanda de los datos (Thomopoulos, 1986). Estos patrones se clasifican de acuerdo al flujo de los promedios de las demandas y pueden ser: horizontales, con tendencia (positiva o negativa), cíclico-estacionarios o cíclicos con tendencia.

La demanda horizontal no cambia en el tiempo.

Figura 2.3.1 Ejemplo gráfico de demanda horizontal.



Los de tendencia, como su nombre lo indica, se pueden esquematizar en una gráfica con una línea con pendiente positiva o negativa.

Figura 2.3.2 Ejemplo gráfico de demanda de tendencia.



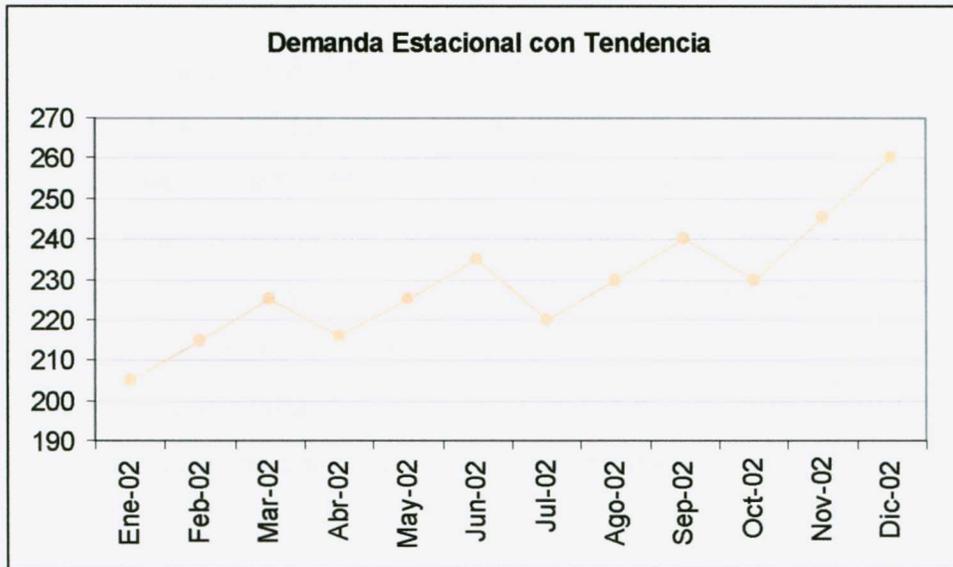
Los patrones de demanda cuadrática, por otro lado, muestran niveles de demanda que suben o bajan de una forma no lineal. En cuanto a la demanda cíclica estacionaria, indica una variación de demanda que cambia con el tiempo y corresponden a un ciclo estacional determinado.

Figura 2.3.3 Ejemplo gráfico de demanda cíclica estacionaria.



El patrón de demanda cíclica con tendencia varía en que ésta recibe la influencia no sólo de un ciclo estacional, sino también de alguna tendencia. Este tipo de demanda puede verse afectada de forma multiplicativa o aditiva. (Thomopoulos, 1986).

Figura 2.3.4 Ejemplo gráfico de demanda cíclica con tendencia



2.4 Influencia del pronóstico de demanda en el manejo de inventarios.

En un mundo perfecto, manejar la cadena de suministros sería una tarea muy sencilla, ya que se conocerían con precisión el tiempo exacto para fabricar o comprar un producto y la demanda exacta de cada cliente por cada producto. Pero, este no es un mundo perfecto y en general existen los retrasos en producción y en compras; y prácticamente no existe el pronóstico de demanda perfecto. Por ello, todas las compañías deben tener inventarios para reaccionar ante cualquiera de estos dos factores o fuentes de riesgo: problemas en los tiempos de entrega o de producción y pronósticos de demanda inexactos (Derek Roux, 2001). Ambos son factores externos y por lo tanto no están bajo nuestro control.

En general, el objetivo de la administración de inventarios es alcanzar un balance óptimo entre la inversión (capital de trabajo) y los niveles de servicio que deseamos ofrecer a nuestros clientes. Para poder determinar estos niveles debe tomarse en consideración los factores externos antes mencionados (variaciones en el suministro y variabilidad en el

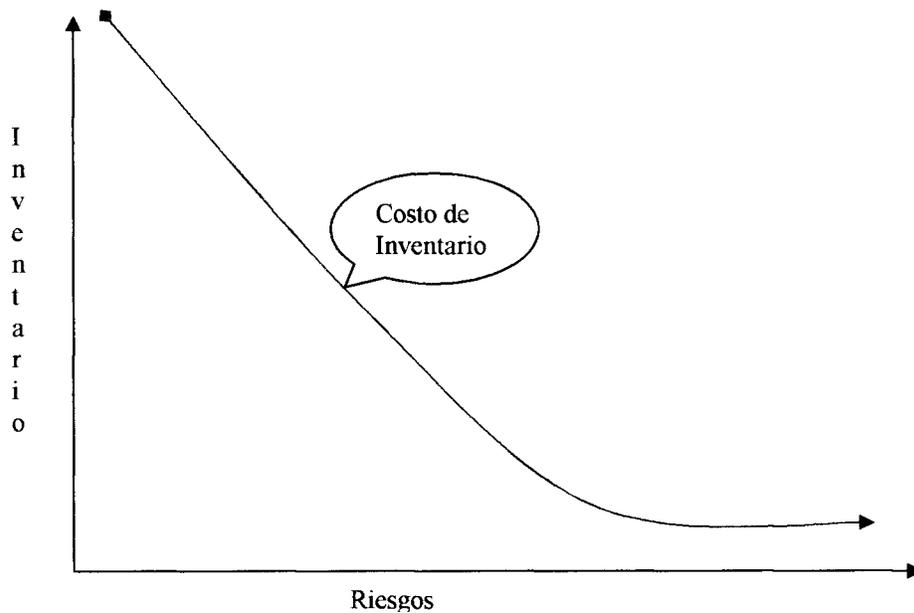
comportamiento del consumidor) y los factores internos. Los factores internos se constituyen principalmente de decisiones que deben tomarse, tales como el monto de capital a invertir en inventarios, qué política de inventarios hay que seguir, las estrategias para el manejo de inventario en exceso, las políticas para el manejo de órdenes, qué tipo de inventario de seguridad debe mantenerse y las estrategias de producción (Derek Roux, 2001).

Para tomar una buena decisión sobre estos factores, es importante conocer los tipos de inventarios que hay. Existen varias formas funcionales de clasificarlos: inventarios de ciclo, de congestión, de seguridad, de anticipación, inventario en proceso e inventario descentralizado. Antes de definir una meta de inventarios; es importante considerar qué tipo es el que tenemos, y cuál necesitamos en nuestro proceso. Por otro lado, es importante que se considere de primera mano que una política de inventarios debe definirse al detalle del SKU (*stock keeping unit o unidad de inventario*); ya que es una forma efectiva de establecer control de los niveles de inventario y a su vez controlar el capital invertido. (A. Silver et al 1998).

En la administración de los inventarios es importante tener bien identificados los diferentes riesgos (o costos de oportunidad) a los que podemos enfrentarnos. Ya que el nivel de riesgo disminuye a nivel que la inversión en inventario aumenta; y los costos de oportunidad aumentan a medida que la inversión en inventarios baja; hay que poner un límite a la cantidad de capital de trabajo que se desea invertir de acuerdo a estos riesgos. El objetivo es balancear los riesgos de la inversión en inventario mientras que se alcanzan los niveles de servicio deseados. Para ello es importante cubrir los riesgos optimizando los niveles de inventario, reducir el riesgo mediante un buen conocimiento del comportamiento en las ventas y un pronóstico de demanda correcto (Derek Roux, 2001).

A continuación se ilustra la relación descrita anteriormente con la siguiente gráfica:

Figura 2.4.1 Relación de costo contra riesgo en la inversión de inventario.



Además, según S.B. Hopkins (1994) los niveles en el inventario se ven influenciados por los siguientes factores:

- a) Costos incurridos al no poder cumplir con una orden a tiempo (incluyendo costos de expedir órdenes, uso de diferentes medios de transporte, costo de oportunidad, costo de almacenamiento, insatisfacción de los clientes y pérdida de ventas futuras).
- b) Nivel de servicio esperado
- c) Variaciones en la demanda
- d) Variaciones en el tiempo de entrega
- e) Frecuencia de los ciclos

2.5 Integración entre el pronóstico de demanda y la producción

Existen en el mercado diversas herramientas de software que coadyuvan a la integración de la información para facilitar el trabajo de pronósticos. Ejemplos de ellos son

los sistemas MRP, MRPII, EDI y ERP¹ (Luber 1998). David L. Anderson, F. Britt y D.J. Favre mencionan en su artículo *The Seven Principles of Supply Chain Management* (2000) a SAP® como un sistema que ha logrado integrar finanzas, producción, inventarios, mantenimiento, procesamiento de órdenes, distribución y recursos humanos bajo un solo "paraguas" informático; haciendo más fácil el seguimiento al producto y acortando la distancia entre lo físico y lo reportado.

Una de las ventajas de integrar la información de ventas y otorgarle un significado es el poder planear la producción anticipándose a los cambios y con flexibilidad aumentada. Se puede prever y visualizar la demanda y los requerimientos de materiales con base en las órdenes o pedidos; y ajustar las órdenes a proveedores o corregir el proceso de planeación de la producción con mayor seguridad y en menos tiempo (T. Arduino, 1999).

En adición a lo anterior, T. Merrle menciona que el delicado juego entre la demanda y la producción tiene ciertas restricciones que pueden identificarse y aplicarse para manejarlas dentro de un contexto de sistemas en la Teoría de Restricciones. Mediante la aplicación de esta teoría la mejora en la producción se vuelve un proceso de mejora continua que auto soluciona problemas de productividad y cuellos de botella. (T. Merrle, 1997).

En el desarrollo de esta tesis se definirá y determinará un método de pronóstico de demanda que se acople a la realidad del Gruppo M&G Finanziaria, en su unidad de negocios del PET (Polietileno Tereftalato) para la región Américas. Por ello es importante presentar a continuación una breve reseña de la compañía; sus inicios y organización, el producto y sus características; así como una idea general del proceso de producción. Lo anterior facilitará la puesta en contexto de esta tesis y coadyuvará en la determinación de utilizar uno u otro modelo específico en este caso particular.

2.6 Introducción a la química del PET²

El PET o polietileno tereftalato, es una resina plástica que se utiliza en la fabricación de materiales de empaque y está diseñada para sustituir otros materiales de envase como lo

¹ MRP: Materials Resource Planning, EDI: Electronic Data Interchange, ERP: Enterprise Resource Planning. Son sistemas de información denominados de integración; que sirven para manejar bajo una sola plataforma las operaciones en una empresa y facilitar la planeación y el intercambio de información.

² Ver glosario para encontrar definiciones específicas a la industria del PET.

son el vidrio, el aluminio y otros plásticos. Por sus características de ligereza, alta compatibilidad, resistencia y claridad, el PET se ha posicionado en los últimos años como el material de envase de preferencia en los mercados de bebidas carbonatadas y agua. De igual forma, el PET ha incrementado su presencia en la industria de artículos de limpieza substituyendo gradualmente al PVC (Polivinil Cloruro).

El PET se fabrica por medio de dos reacciones químicas. La primera de ellas se conoce con el nombre de esterificación, la cual ocurre en estado líquido, y la segunda es la polimerización por condensación, la cual se realiza parte en estado líquido y concluye en estado sólido.

Uno de los principales requerimientos de los clientes es la homogeneidad de propiedades lote a lote y en el mismo lote ya que la variabilidad afecta mucho al proceso de termo moldeado. Específicamente se verifican:

La viscosidad intrínseca (IV).

El punto de fusión (MP).

El contenido de acetaldehído en el PET (AA).

El numero de grupos de carboxilos libres en la cadena polimérica (COOH).

El color del PET (b* y L*).

El tamaño del pellet.

Puntos de contaminación.

La viscosidad intrínseca define las propiedades mecánicas que tendrá la botella o la charola y afecta el punto de fusión del PET. El punto de fusión afecta el proceso de termo moldeo por inyección o soplado del usuario intermedio. El acetaldehído es un gas inflamable, de olor picante, que se forma debido a la degradación térmica del PET. Aunque no es dañino, afecta sensiblemente el sabor del líquido almacenado en la botella y degrada las características mecánicas del polímero. El número de grupos de carboxilos libres (COOH) define la reactividad de la botella de PET a la acción de agentes químicos. Es decir, que tan inerte o inocuo resulta el PET al producto que contiene. El color del PET afecta la presentación del producto final. El tamaño del pellet afecta el manejo y el proceso de fundido en la fabricación de la botella o charola. Los puntos de contaminación, tales como

puntos negros, burbujas, y pellets duros, afectan severamente la hermeticidad del envase ya que son puntos factibles de ruptura.

2.7 Breve descripción del proceso de manufactura del PET.

El proceso de fabricación del PET se utilizan como materias primas principales el ácido tereftálico purificado (TPA); etilenglicol puro (EG), y el ácido isoftálico (IPA). Utiliza como materias primas secundarias: catalizadores de cobalto (Co) y antimonio (Sb); trietil fosfito (TEP) y acetato de sodio (NaA), como estabilizadores.

Como producto se obtiene polietileno tereftalato (PET) en los grados de homopolímero y copolímero, el primero se destina a los fabricantes de botellas con y sin asa; el segundo satisface a los fabricantes de charolas para alimentos rápidos. Ambos productos tienen diferente viscosidad intrínseca y resistencia química; y dentro de cada gran familia se encuentran diferentes grados de producto para satisfacer las diferentes necesidades del mercado.

Como principales servicios en el proceso de fabricación se utilizan: energía eléctrica, agua clarificada, nitrógeno y gas natural. Como principales efluentes del proceso encontramos: aguas residuales a tratamiento, gases de combustión y aire de venteo limpios a la atmósfera.

Cabe mencionar que todo el proceso y los servicios son manejados un sistema de control integrado. Los operadores de campo verifican físicamente el funcionamiento de los equipos, mientras que los operadores de cuarto de control vigilan el buen desarrollo general del proceso mediante este sistema automatizado. En la etapa de "estado líquido" se mezclan el etilenglicol con el ácido tereftálico purificado, el ácido isoftálico, los catalizadores y modificadores, y se hacen reaccionar mediante calentamiento con aceite térmico y vapores de aceite, a condiciones de presión controladas. Este proceso se realiza continuamente y por pasos, hasta lograr un polímero precursor amorfo en forma de pellet, con una viscosidad intrínseca específica. Esta etapa se llama "estado líquido" por que en la mayoría del proceso los flujos son líquidos o sólidos fundidos.

El precursor se conduce a la fase de cristalización, en la cual cambia su morfología de amorfo a cristalino por medio de calentamiento. El precursor cristalizado se alimenta

continuamente a la fase de polimerización continua en estado sólido, en la cual se concluye la polimerización hasta el grado viscosidad intrínseca especificada. En esta fase se utiliza una corriente de nitrógeno caliente, el cual agita, calienta y arrastra los subproductos volátiles generados en la reacción, así como el aire (oxígeno atmosférico).

Así pues, para cada producto terminado existe un polímero base (resina base o producto en proceso).

2.8 La Compañía: Gruppo M&G Finanziaria.

M&G es una compañía familiar con base en Tortona, Italia. Fue fundada en 1953 por Don Vittorio Ghisolfi. Es una de las compañías pioneras en el desarrollo de tecnología y ventas del PET (polietileno tereftalato) en el viejo continente, iniciando operaciones en la industria en 1982, cuando M&G instaló una de las primeras unidades de cristalización en Europa.

La línea de negocio original de Gruppo Mossi & Ghisolfi (M&G) fue la fabricación de envases de detergentes y artículos de tocador, hechos principalmente de HDPE (polietileno de alta densidad, por sus siglas en inglés) y PVC (polivinil cloruro). El grupo permaneció en esta industria 30 años, durante los cuales ofreció a sus clientes una amplia gama de servicios incluyendo el diseño y construcción de máquinas sopladoras, fabricación de botellas y operaciones de llenado en la industria de bebidas carbonatadas y artículos de limpieza. Durante este periodo de crecimiento se estableció el centro de ingeniería del grupo, base para su desarrollo tecnológico futuro.

A partir de 1983 el Grupo M&G ingresó a una nueva fase de expansión y se abocó al establecimiento de sus operaciones de manufactura de gran escala. A través de la integración de nueva capacidad en la manufactura de resinas de especialidad y de su tradicional habilidad en el desarrollo de nuevas tecnologías y diseño de botellas, el grupo ha podido ofrecer a sus clientes soluciones a la medida para satisfacer las demandas siempre crecientes de la industria del empaque de comida y bebida. Este periodo incluyó alianzas estratégicas con gigantes como la *Shell Chemical Company* para el establecimiento y operación de una planta fabricante de PET en Italia y con *Pepsi-Cola Italia* en una planta de fabricación y llenado de botellas para bebidas carbonatadas en el mismo país.

Posteriormente M&G compraría en 2000 la parte mayoritaria de la planta en Italia junto con el 100% de los activos de la unidad de negocio de poliéster de la Shell en todo el mundo; convirtiéndose así en el 3er productor más grande de resinas de PET en el planeta con plantas en Italia, México, Inglaterra y Estados Unidos de América.

Actualmente M&G se encuentra organizado en un conglomerado: el corporativo Gruppo M&G Finanziaria, tres unidades de negocio y una división de ingeniería e investigación y desarrollo la cual brinda servicio a todo el grupo.

La unidad de negocios más importante por su tamaño es la del PET. Está dirigida por el Sr. Marco Ghisolfi y se comprende de 4 plantas manufactureras en Patrica, Italia (M&G Polimeri Italia SPA); Flixborough Inglaterra (Crystal Polymers); Applegrove, WV (M&G Polymers, LLC) en Estados Unidos y Altamira, México (M&G Polímeros México, S.A. de C.V.).

La segunda unidad de negocios es la división empaques, encabezada por Giovanni Bolcheni. Se comprende de activos en Pallanza, Italia (Italpet, SPA); Anagni, Italia (Cobarr, SPA) y Pignataro, Italia (Nuroll, SPA). Finalmente la tercera unidad de negocios es la de acetato, dirigida por Gianfranco Bellingeri, esta consiste en la planta Acetati, SPA, localizada en Pallanza, Italia.

La unidad de negocio del PET está organizada funcionalmente por líneas de competencia más que por estratos regionales. Así pues, la dirección global de suministros maneja todo lo referente a compras, planeación de la producción y logística para cada planta, la dirección global de manufactura tiene a su cargo la producción, mantenimiento y calidad, la dirección global de finanzas se encarga de las labores de contabilidad, tesorería y control; y la dirección de ventas y mercadotecnia de los planes de comercialización y labores de inteligencia de mercado para toda la unidad de negocios. Cada una de estas direcciones tiene sus representantes en sitio y puede o no tener una gerencia regional que coadyuve a la integración de estrategias. Esta forma de organizar los puestos se contrapone con el organigrama tradicional, en donde los directores corporativos generalmente tienen una labor estratégica más que de acción; y en donde las actividades de cada sitio se dirigen por el Gerente de Planta. La razón para adoptar esta organización es aumentar la flexibilidad y la rapidez de respuesta a los requerimientos del mercado; y ampliar la libertad de acción de

cada especialista en su área de acuerdo a la visión compartida del grupo. También tiene como objetivo darle a cada función un peso igual y balancear los centros de poder en la organización. Todo con el fin de facilitar la comunicación y el ahorro en costos.

2.9 Organización de M&G Unidad de Negocio PET

Figura 2.9.1 Organigrama de la unidad de negocios del PET



La unidad de negocios del PET cuenta con una dirección global de adquisiciones y gerencia de suministros basada en Italia que reporta a la dirección general del negocio.

La planeación de la producción y el control de inventarios en la región de Estados Unidos y México es responsabilidad del gerente de planeación para las Américas (GPA), actualmente basado en Altamira, México. Este puesto reporta al director global de adquisiciones y cadena de suministro.

La dirección de ventas y mercadotecnia tiene a su cargo el realizar las actividades de contacto con el cliente, elaboración de contratos, establecimiento de precios y generación de pronósticos de demanda con fines presupuestarios y operacionales.

2.10 El pronóstico de demanda en M&G Américas.

M&G basa gran parte de su estrategia de negocios en su pronóstico de venta anual. Este pronóstico es emitido por el director global de ventas y manufactura durante el cuarto trimestre del año e incluye una estimación detallada por producto para el año siguiente y un cálculo sólo de volumen total para los años subsiguientes. El horizonte de planeación a este nivel es de tres años.

Por otro lado, el gerente de planeación para las Américas recibe información periódica del área de ventas mediante un pronóstico de demanda mensual por cliente y sitio, que se acompaña de un pronóstico trimestral actualizado durante los primeros 3 días de cada mes. Actualmente los pronósticos trimestrales se emiten tomando la información corriente del mercado (específicamente lo que el vendedor negocia mes a mes directamente con los compradores del cliente para los siguientes tres meses) y no se utiliza ningún modelo de pronósticos para validar dichos estimados de demanda.

Semana a semana se emite un reporte sobre las órdenes recibidas de cada cliente y se compara con la demanda estimada por el cuerpo de ventas. En el día a día, se efectúa una comunicación constante entre el gerente de planeación y los gerentes de logística, verificando que los planes de producción, de empaque y de embarque se lleven a cabo consistentemente con los planes de venta.

Así pues, la utilización del pronóstico de ventas anual es importante para establecer el rumbo del negocio pero no es una herramienta que sea útil para hacer una planeación a mediano y largo plazo, debido a que el pronóstico emitido en Diciembre está consistentemente equivocado; en mayor grado cuando se comparan las ventas específicas por cliente y producto.

CAPITULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Generalidades

Este trabajo de investigación incluyó datos cualitativos además de cuantitativos. Lo anterior es necesario dado que el mercado es susceptible al flujo de información (un factor cualitativo) a la vez que los resultados de este estudio se muestran en datos estadísticos y un análisis puramente cuantitativo. Además, en este estudio se combinó la investigación bibliográfica con la investigación de campo obteniendo información general del mercado del PET a través de publicaciones propias de la industria pero validando con observación y opiniones de expertos.

3.2 Detalle sobre la investigación.

En primera instancia se realizó investigación de campo incluyendo la observación y entrevistas con personas que tienen influencia en el resultado de las ventas. El investigador observó y analizó el proceso general de elaboración de estimados de ventas en M&G, así como la variedad de interacciones con el fin de desarrollar una visión holística. La intención de las observaciones y análisis es encontrar detalles o conceptos que pasan por alto las personas involucradas con el proceso de ventas; o que por diversas razones existe dificultad para compartir estos datos en una entrevista o grupo de trabajo.

Además de la observación realizada directamente por el investigador, se entrevistó a las diferentes personas dentro de la empresa que tienen influencia sobre el resultado de las ventas en la región América. A continuación se describe brevemente qué puestos fueron los entrevistados y su relación con las ventas y sus pronósticos.

Agentes de Ventas.- Acuerdan con el cliente final el monto de sus pedidos mes a mes, manejan la relación comercial directa con el cliente y sus compradores; se encargan de poner en marcha los planes del Gerente de Ventas para las Américas ya que le reportan

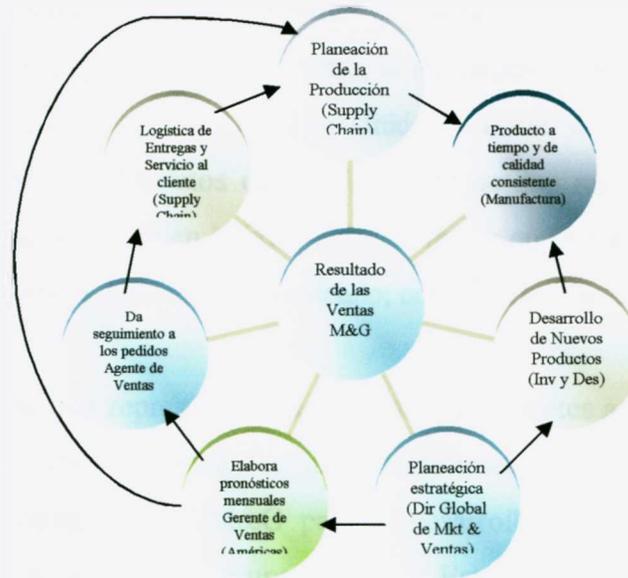
directamente. Elaboran estimados de ventas cada 90 días y sirven de enlace entre las diferentes sucursales del cliente y las áreas de logística y finanzas de M&G.

Gerente de Ventas para las Américas.- Elabora planes de mercadotecnia de mediano y largo plazo para las Américas. Dirige al cuerpo de ventas (agentes) y a su vez funge como agente de algunas cuentas directamente. Se hace cargo de alinear los planes estratégicos del director global de ventas y mercadotecnia con la realidad mes a mes. Verifica los estimados de venta mensuales y sirve de enlace en la firma de contratos con clientes finales.

Director Global de Ventas y Mercadotecnia.- Elabora pronósticos de ventas anuales para todo el mundo; establece el sistema de segregación de clientes y la estrategia de ventas y penetración para cada sector, tipo de cliente y región geográfica. Determina volúmenes de venta anuales, el rango de precio esperado y el margen de utilidad en los planes estratégicos de la empresa a tres años. Detalla por tipo de producto las ventas esperadas año con año en la unidad de negocios del PET. Le reporta al director de la unidad de negocios del PET.

A estas personas se les plantearon preguntas relacionadas con su influencia en la elaboración de pronósticos anuales, su influencia en el resultado de ventas total para cada cliente, y su opinión sobre la influencia de factores externos a M&G en el resultado de las ventas.

Figura 3.2.1 Funciones que influyen en el resultado de las ventas



La investigación bibliográfica incluyó una extensiva búsqueda de información actualizada sobre la capacidad instalada del PET en el mundo; los pronósticos de crecimiento para el mercado y el historial del comportamiento de los precios en los últimos cinco años. Esta información es de relevancia para determinar si los factores de mercado tienen algún tipo de influencia en las ventas de M&G; y en qué grado. Así mismo, la recolección de estos datos ha servido para disgregar la influencia de las estrategias propias de M&G de la influencia del mercado en el resultado de las ventas.

Por otro lado la investigación bibliográfica se extendió para describir los diferentes métodos de pronósticos que pueden aplicarse en el estudio de la demanda y las ventas; con la descripción particular de sus fórmulas y antecedentes y el impacto de las mismas en otras áreas del negocio como lo es la planeación de la producción y el manejo de inventario.

3.3 Tipo de Muestreo

Para obtener los datos particulares del estudio, se seleccionaron las ventas mensuales para M&G región América en los años 1997 a 2001. La información contenida incluye ventas totales por año para 1997 y 1998; y ventas mensuales de 1999 hasta Diciembre de

2001. La información está compilada en toneladas métricas de acuerdo al estándar utilizado en la industria y en libras, según la costumbre de M&G Américas.

Se tuvo la necesidad de hacer un muestreo de las ventas, y no un censo ya que a pesar que existe información de ventas desde 1980; la información anterior a 1997 incluye únicamente las ventas para la planta en Estados Unidos y no es de relevancia para este estudio. De la misma forma; los datos de 1997 y 1998 no son representativos para el análisis mes a mes; ya que la planta en México arrancó ventas en Octubre de 1997; y 1998 fue un año de ajuste y apertura del mercado mexicano; con grandes variaciones en las ventas de un periodo a otro.

Así pues, los datos más representativos son los pertenecientes a los años de 1999 a 2001; y estos son los tres años estudiados en la presente tesis. Con el fin de proteger la información estratégica otorgada por M&G para el desarrollo de esta tesis, todos los números de ventas se han multiplicado por una constante. Esto no altera el resultado de este estudio.

3.4 Aplicación de la metodología

Con la observación y las entrevistas se determinó la forma en cómo se hacen los pronósticos de ventas en M&G actualmente; así como la importancia relativa que el negocio le otorga a la exactitud de estos estimados realizados mes a mes. También sirvió como referencia para establecer qué influencia tiene la estrategia del negocio en las ventas anuales.

Ahora bien, con los datos cuantitativos sobre las ventas mes a mes se determinó si existe algún tipo de patrón específico en el comportamiento de ventas y a qué obedece tal patrón. Utilizando una representación gráfica se identificó si las ventas tienen un comportamiento estacional y los periodos en los que esto sucede. Los años 1999 y 2000 fueron utilizados como base del estudio estadístico. El año 2001 sirvió de control para comparar los resultados de pronósticos contra las ventas finales y evaluar la efectividad de los modelos de pronósticos contra el estimado de ventas elaborado actualmente.

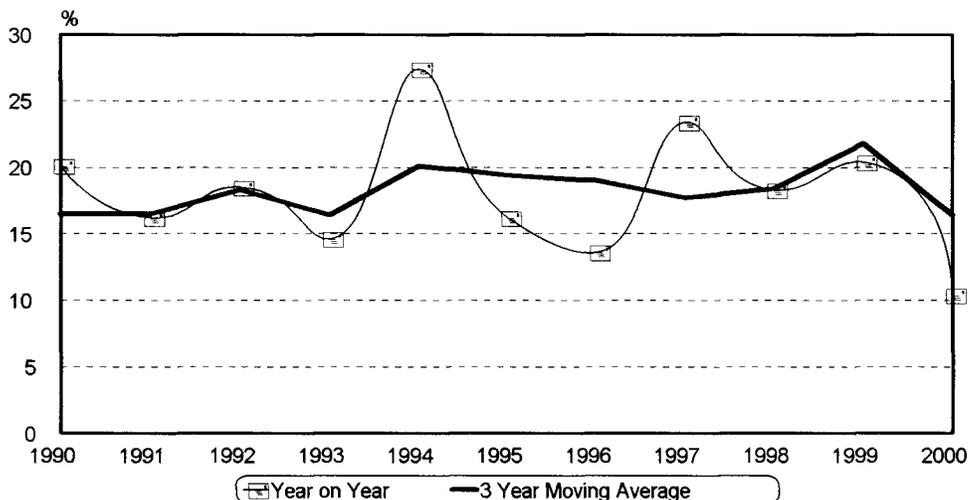
CAPITULO 4

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Análisis del mercado mundial del PET

La demanda mundial del PET ha permanecido en crecimiento constante desde su invención en 1947. La década de los ochentas ha sido, sin embargo, la época en la que se inició la intromisión masiva del PET como sustituto del vidrio para bebidas carbonatadas en todo el mundo. Este cambio inició en Norte América y Europa Occidental; lugares en donde actualmente el consumo de PET es mayor y en constante crecimiento; aunque en un ritmo menor en los últimos años. La introducción del PET en mercados emergentes como el Asiático y el Latinoamericano ha sido el factor más importante en el crecimiento del mercado mundial durante la década pasada y se vislumbra como el mercado más importante de los años por venir. A continuación se ilustra una gráfica con los porcentajes de crecimiento de mercado del PET en el mundo en la década de 1990 a 2000.

Figura 4.1.1 Porcentajes de crecimiento de mercado del PET de 1990 a 2000



KM832/at

El ritmo de crecimiento mundial en 2001 fue de 11.9%, en línea con el crecimiento del año anterior que fue del 10.6%. El consumo total de PET a escala mundial en 2001 fue

de 7.6 millones de toneladas. Con los resultados de los últimos dos años; las proyecciones hacia los siguientes tres años; el promedio mundial bajó de 16.5% que se estimaba en 2000 a 14.7% a finales de 2001³.

En el ámbito regional se obtuvo un crecimiento menor al promedio mundial en mercados más maduros como lo son el norteamericano y el europeo; siendo la región Asia-Pacífico la de mejor desempeño durante 2001. De todas formas Norte América tuvo un crecimiento considerable en el último año; con un 9.2% en los Estados Unidos y un incremento sin precedentes en México del 16%. México se ha convertido por mucho en el mercado con mayor futuro en la región al haber iniciado con fuerza el proceso de sustitución del PET por el vidrio como el empaque de preferencia en las bebidas carbonatadas. Este incremento se debe también en mayor grado a la decisión de algunos embotelladores de eliminar en México a partir de 2001 el envase retornable de 2 litros (de PET); haciendo disponible al consumidor la presentación desechable al mismo precio. Otra razón importante es la agresiva introducción del tamaño personal (600ml) ocurrida a partir de finales de 1999; y que por su conveniencia y precio equiparable substituye con facilidad a la presentación similar de 500 ml en vidrio retornable.

4.2 Análisis de la demanda por sector

Podemos dividir al PET en dos grandes sectores; el sector de moldeado por extrusión-soplado (*blowmolding*) y el moldeado por extrusión; siendo el sector de extrusión-soplado (por mucho) el mayor de ambos. A su vez estos se subdividen para comprenderlos mejor.

El sector de moldeado por soplado es básicamente el mercado de botella que se fabrica mediante la extrusión de una preforma y el soplado en un molde hasta formar la botella. Este sector se subdivide en:

Bebidas Carbonatadas.- Es el principal sector consumidor de PET y se refiere a las bebidas embotelladas tales como Coca-Cola® y Pepsi-Cola® que contienen alguna forma de agua carbonatada en su elaboración.

³ PET Business Report. Enero 2002. PCI PET Packaging Resin Consulting Service. Pag. 3

Agua Mineral.- Es el mercado de agua potable; mineral o mineralizada que puede o no contener alguna forma de carbonatación.

Figura 4.2.1 Ejemplo gráfico del uso del PET en bebidas carbonatadas y agua.



***Botellas de PET para agua mineral sin gas y bebidas carbonatadas. Dasani y Diet Coke son marcas registradas de The Coca Cola Company*

Llenado en Caliente (Hot Fill).- Son aquellas bebidas o alimentos que por sus propiedades requieren de un calentamiento inmediatamente anterior al llenado o bien que requieren ser pasteurizadas ya dentro de la botella para prolongar su vida de anaquel. En este sector se incluyen principalmente los jugos y la leche.

Figura 4.2.2 Ejemplo gráfico del uso del PET en llenado en caliente.



Aceites Comestibles y Salsas.- Como su nombre lo indica son aceites o salsas (como soya, salsas picantes, etc) que pueden llenarse en frío.

Otros alimentos.- Tales como Catsup, Mostazas, Mayonesas, etcétera. Algunos productos de este sector requieren de una protección adicional al oxígeno del medio ambiente; por lo que frecuentemente se utilizan botellas compuestas con diferentes materiales o botellas “en capas”; en donde la del PET es la última capa que agrega la apariencia cristalina pero no preserva totalmente el producto de los efectos del oxígeno.

Figura 4.2.3 Ejemplo gráfico del uso del PET en envase de otros alimentos.

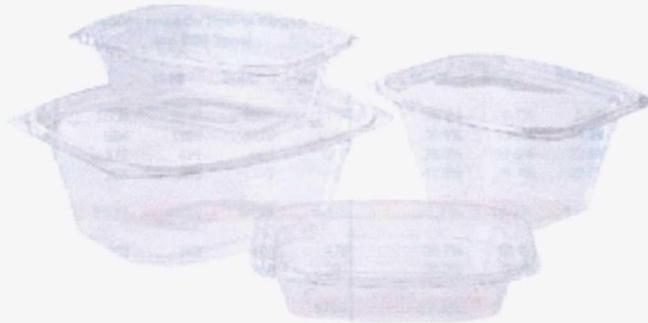


Frappuccino Moka® de Starbuck's

El sector de termoformado o moldeado por extrusión es básicamente el mercado de charolas y por sus propiedades se subdivide en:

APET.- Es el PET cristalino que se utiliza principalmente en la fabricación de recipientes para la exhibición de alimentos posterior a su preparación. Es el caso de los moldes de pasteles y alimentos preparados que venden en las cadenas de supermercados. Su principal característica es su transparencia y brillantez y su excelente capacidad de invitar al consumidor a la compra mostrando el contenido del envase.

Figura 4.2.4 Ejemplo gráfico del uso del PET en charolas para comida.



Charolas de PET

CPET.- Este producto es básicamente opaco y puede tener una apariencia lisa y brillante o corrugada y esponjosa. Esta gama de productos tiene propiedades de resistencia al calor superior al PET regular. Los productos contenidos en estas charolas pueden ir del congelador directamente al horno microondas u horno convencional; ya que el material resiste temperaturas hasta los 400° F. El CPET se ocupa con frecuencia en cenas precocidas y congeladas, *lasaña*, pollos fritos y otros alimentos preparados que requieren ser recalentados antes de su ingestión.

A continuación se presenta el cuadro de análisis para mercados finales de 1998 a 2001.

Figura 4.2.5 Análisis de mercados finales para el PET DE 1998 a 2001.

PARTICIPACIÓN DE MERCADO POR SECTOR APLICACIONES DEL POLIETILENO TEREFALATO ANÁLISIS 1998-2001											
	Volúmenes de Resina Virgen (en 000 Tons)				Crecimiento Anual Año con Año %			Proporción de Mercado Total			
	1998	1999	2000	2001	98-99	99-00	00-01	1998	1999	2000	2001
<i>Bebidas Carbonatadas</i>	2355	2810	2997	3172	19.3%	6.7%	5.8%	49.1%	46.0%	44.4%	41.9%
<i>Agua mineral</i>	904	1303	1479	1694	44.1%	13.5%	14.5%	18.8%	21.3%	21.9%	22.4%
<i>Llenado en Caliente</i>	372	476	557	683	28.0%	17.0%	22.6%	7.8%	7.8%	8.2%	9.0%
<i>Otras bebidas</i>	208	295	372	454	41.8%	26.1%	22.0%	4.3%	4.8%	5.5%	6.0%
Total para Bebidas	3839	4884	5405	6003	27.2%	10.7%	11.1%	80.0%	79.9%	80.0%	79.4%
<i>Aceite Comestible/Salsa de Soya</i>	282	363	408	476	28.7%	12.4%	16.7%	5.9%	5.9%	6.0%	6.3%
<i>Otros Alimentos</i>	172	217	238	281	26.2%	9.7%	18.1%	3.6%	3.6%	3.5%	3.7%
Total para Bebidas y Alimentos	4293	5464	6051	6760	27.3%	10.7%	11.7%	89.4%	89.4%	89.6%	89.4%
<i>No Comestibles</i>	201	243	272	304	20.9%	11.9%	11.8%	4.2%	4.0%	4.0%	4.0%
Total de moldeoado por soplado	4494	5707	6323	7064	27.0%	10.8%	11.7%	93.6%	93.4%	93.6%	93.4%
<i>APET (charolas)</i>	263	338	359	413	28.5%	6.2%	15.0%	5.5%	5.5%	5.3%	5.5%
<i>CPET/Otras (charola homeable)</i>	43	65	73	85	51.2%	12.3%	16.4%	0.9%	1.1%	1.1%	1.1%
Total moldeoado por extrusión	306	403	432	498	31.7%	7.2%	15.3%	6.4%	6.6%	6.4%	6.6%
Total	4800	6110	6755	7562	27.3%	10.6%	11.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

**Fuente: PCI PET Packaging, Resins & Recycling Ltd. PET Packaging Resin Consulting Service.

Como es evidente, todos los sectores de mercado del PET han tenido un crecimiento constante a lo largo de los últimos años. La proporción de ventas entre el moldeoado por soplado y el moldeoado por extrusión se mantiene constante. El primero representa el 93% de las ventas; mientras que el segundo se mueve alrededor del 7%. Es importante mencionar que el sector de bebidas carbonatadas a pesar de ser el de mayor tamaño ha registrado un retroceso en su crecimiento y participación año con año. Su crecimiento ha ido del 19.3% en 98-99 al 5.8% en 00-01. Del mismo modo, la proporción de mercado total que ocupan las bebidas carbonatadas ha ido en decremento en un 2 a 3% anual.

Por el contrario; el desarrollo de nuevos y mejores productos en años recientes para aplicaciones especiales como el agua y el llenado en caliente, permiten que estos sectores se sigan desarrollando con incrementos constantes en su crecimiento y participación del mercado. El avance en las tecnologías de producción de resinas y de envases está haciendo que sea posible competir en precio con substitutos como el vidrio y el aluminio en aplicaciones en donde anteriormente era imposible. Tal es el caso de la comida de bebé, la cerveza y las salsas de tomate.

Siendo el sector en donde el PET ha tenido mejor penetración; el de las bebidas y alimentos es el que ocupa el primer lugar en proporción del mercado con el 89.4%. Esta proporción se mantiene constante desde 1998 a la fecha.

Finalmente, es a notar el crecimiento tan grande que han tenido las aplicaciones de moldeado por extrusión; con un 15.3% en 2001. Su proporción del mercado se mantiene constante en un 6.6%; sin embargo estas aplicaciones se venden regularmente a precios preferenciales *vis-a-vis* el PET para moldeado por soplado, por lo que es una excelente oportunidad para incrementar la utilidad.

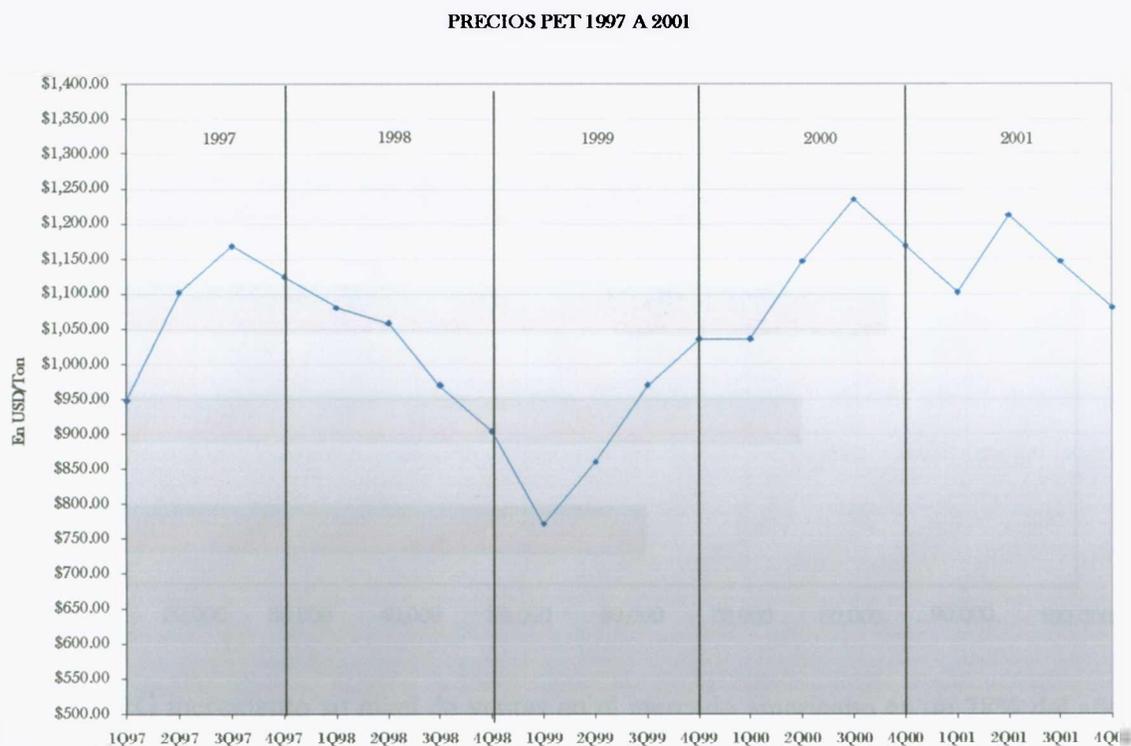
4.3 Evolución de precios del PET grado botella (o moldeado por soplado)

Dado que el mercado del PET es sensible a los cambios de precio, es importante observar las variaciones que el mismo ha tenido a lo largo de los años. Es costumbre de los compradores el mover sus inventarios para ajustar un incremento o decremento de precio a fin de ahorrar en costos variables. Siendo que las ventas de producto se ven afectadas por las decisiones de compra de los convertidores es natural observar picos de venta en los meses anteriores a un incremento y valles en los meses posteriores a los incrementos.

Es importante apuntar que el PET se comporta como un “commodity”; es decir que el precio se establece por variaciones en el mercado y no por preferencias del comprador o del vendedor. Sin embargo, regularmente se hace un anuncio de parte de los principales vendedores lo que ocasiona que el comprador tenga espacio para reaccionar. Es costumbre que se anuncien incrementos de precio mayores a los esperados y se espera que el curso de las negociaciones trimestrales se gane o pierdan volúmenes jugando con el monto final del incremento o decremento de precios. Es importante hacer un análisis de la influencia de estas variaciones de precio en las ventas totales para evaluar con objetividad el factor de estacionalidad en su comportamiento. Como vemos en la figura 4.2.1.1; los precios del PET se movieron en ascenso desde el primer trimestre del 99; cuando el precio alcanzó su nivel más bajo en los últimos cinco años hasta el tercer trimestre de 2000; fechas en las que el precio por tonelada se fijó en el más alto del ciclo. De ahí, los precios fueron en descenso,

recuperando en el segundo trimestre del mismo año; sólo para regresar al descenso y precio final de \$1080.26 USD por tonelada en Octubre de 2001.

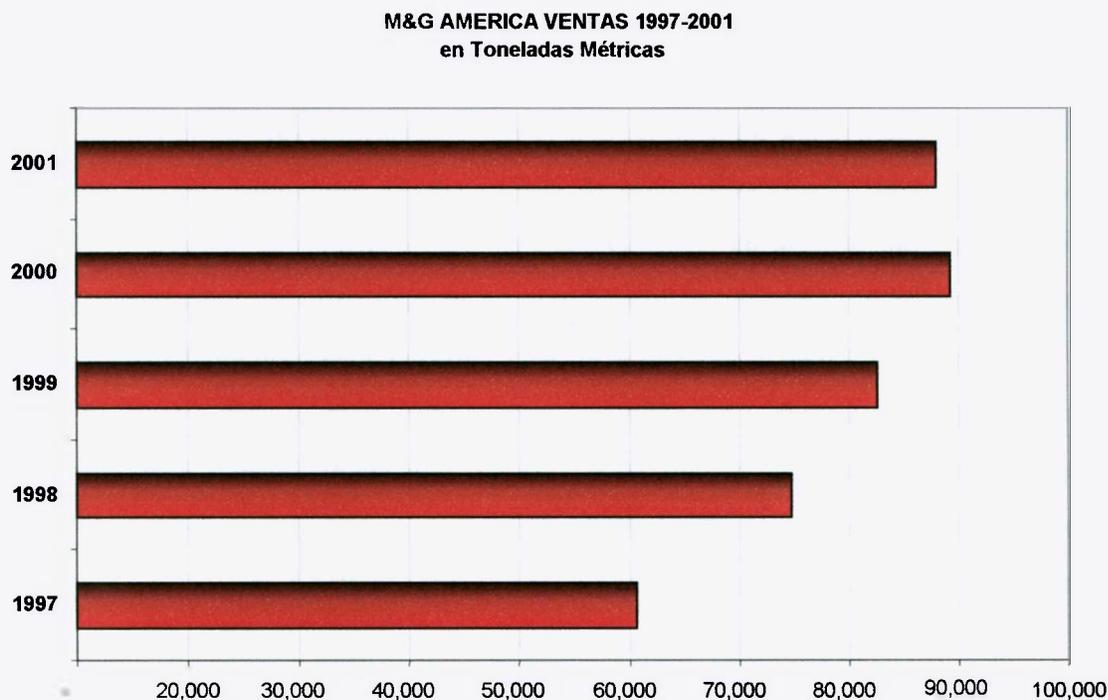
Figura 4.3.1 Evolución de los precios del PET en el último lustro.



4.4 Análisis de las Ventas en la región América de M&G Polímeros

A continuación se presenta un esquema de las ventas anuales de M&G para el periodo comprendido entre 1997 y 2001.

Figura 4.4.1 Ventas brutas M&G América 1997-2001.



M&G incrementó su nivel de ventas en el mercado americano en un 28% del año 97 al 98; en un 12% del 98 al 99; en un 9% del 99 al 2000 y ha tenido un decremento en 2001 de un 2% con referencia a las ventas del año anterior.

Es comprensible que se tuviera un incremento considerable entre 1997 y 1998 ya que en el último trimestre de 1997 se adicionó al sistema de suministros la planta de Altamira, Tamaulipas y el mercado mexicano se agregó al espectro de influencia de la compañía. Esta fábrica arrancó el 31 de Octubre del 97 y alcanzó su nivel máximo de producción en Enero del año siguiente. Su capacidad de producción es de 110,000 toneladas; por lo que adicionado a las 278,000 ya existentes en la planta en West Virginia, para principios de 1998 había 388,000 toneladas en capacidad de producción disponibles para fabricar y vender. La filosofía de M&G es la de hacer funcionar los activos al 100% con el fin de minimizar costos fijos por unidad y coadyuvar a la eficiencia de las plantas. Año con año se establecen entonces objetivos de ventas muy agresivos que responden a esta estrategia del negocio.

En 1997 el 90% de las ventas se hicieron en los Estados Unidos exclusivamente. Dado que el arranque de Altamira era inminente; durante este año también se sembró mercado en México enviando producto desde West Virginia. Esto con el fin de generar un nombre para M&G en la región además de facilitar más adelante la colocación de producto una vez que la planta en Altamira arrancara.

1998 fue un año de transición en el que se hicieron los esfuerzos necesarios para posicionar la planta Altamira en el mercado de convertidores Mexicano y Sudamericano. Este es considerado un año decisivo para M&G y que en general fue exitoso. Dada la magnitud de la obra y la dificultad de las condiciones del mercado en México, se considera que fue un excelente paso en la consolidación de la firma en el mercado regional.

Ya en 1999 las ventas en México se estabilizaron y el total de ventas en la región América mejoró considerablemente. El año 2000 fue un año record en el que se logró vender la mayor cantidad de resina en la historia de M&G Américas. 2000 fue un buen año en términos de precios del PET y el haber colocado tal nivel de ventas por le trajo al negocio un beneficio considerable en márgenes y posicionamiento en el mercado.

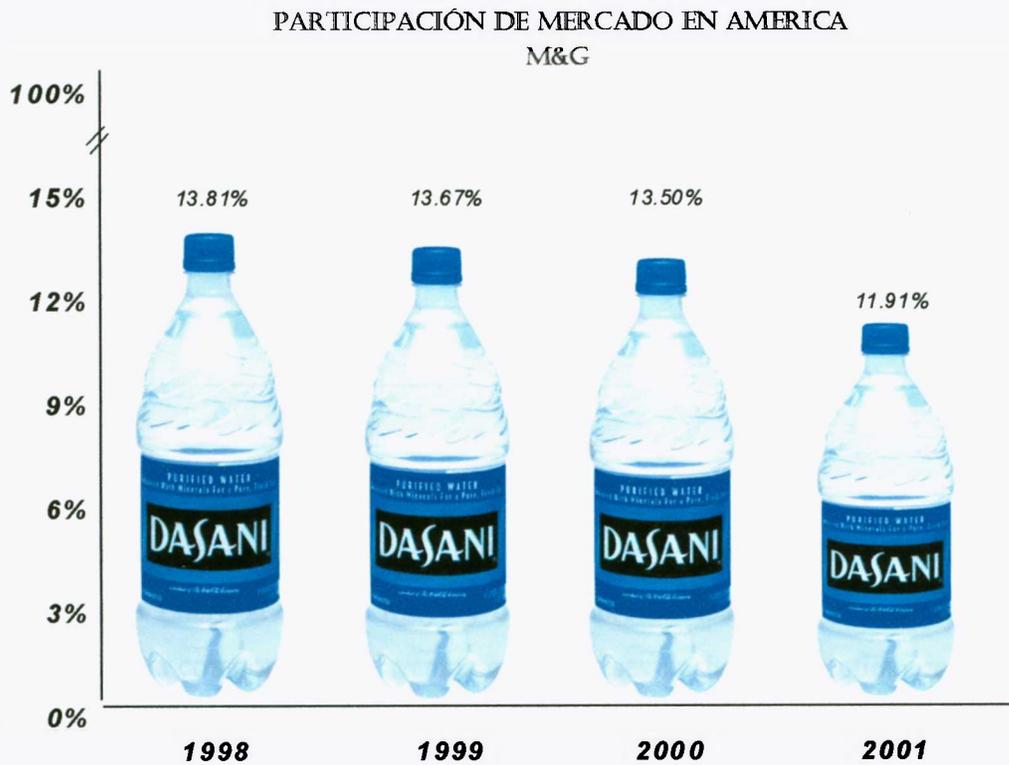
2001 por el contrario; ha sido un año de estabilidad y maduración para M&G. Durante este año se vendió un 2% menos que en 2000; sin embargo se ha desarrollado el camino hacia el posicionamiento de la firma como el líder en desarrollo de nuevos productos y en las tendencias del mercado. Este año también se ha dedicado a consolidar la imagen del grupo en el escenario mundial; dado que M&G concretó la compra del negocio a Shell Chemicals en Mayo de 2000. Recordemos que hasta entonces M&G sólo era uno más de la veintena de productores menores en el mundo y que con esto pasó a ser el 3er productor más importante del mercado mundial del PET.

Ahora el negocio está dedicado a abrir más mercado para la nueva planta en Altamira que se espera arranque en 2003. Esta nueva planta agregará 270,000 Toneladas a la capacidad del sitio; lo que significa casi un 70% adicional a la capacidad de M&G ya existente en las Américas.

4.5 Participación de M&G en el mercado Americano

La participación de M&G en las ventas totales en el continente Americano ha ido en decremento; teniendo una baja considerable de 2000 a 2001. Esto significa que pese al crecimiento del mercado y al incremento en la capacidad; no se está logrando captar mayores volúmenes en proporción al tamaño del mercado; ni volúmenes adicionales reales con los clientes ya existentes.

Figura 4.5.1 Participación de M&G en el mercado americano.

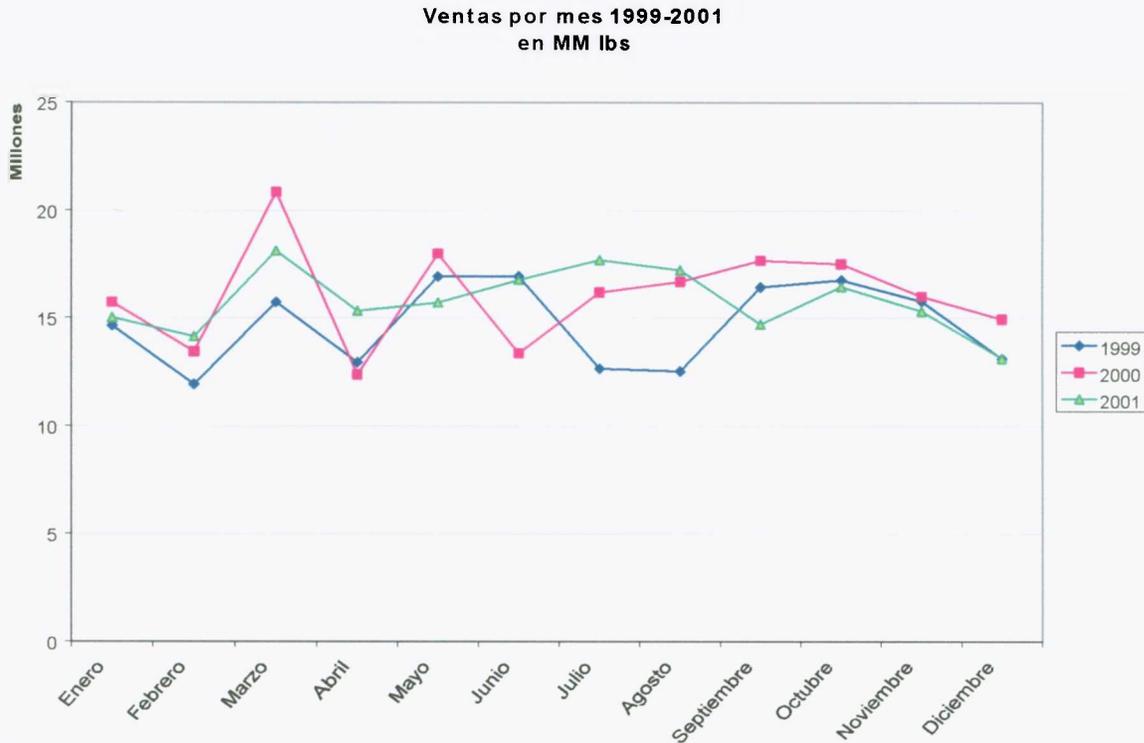


Dasani® es una marca registrada de The Coca-Cola Company.

4.6 Ventas mensuales de 1999 a 2001

A continuación presento una gráfica del comportamiento mensual de las ventas en los últimos tres años.

Figura 4.6.1 Ventas mensuales de M&G 1999 a 2001.

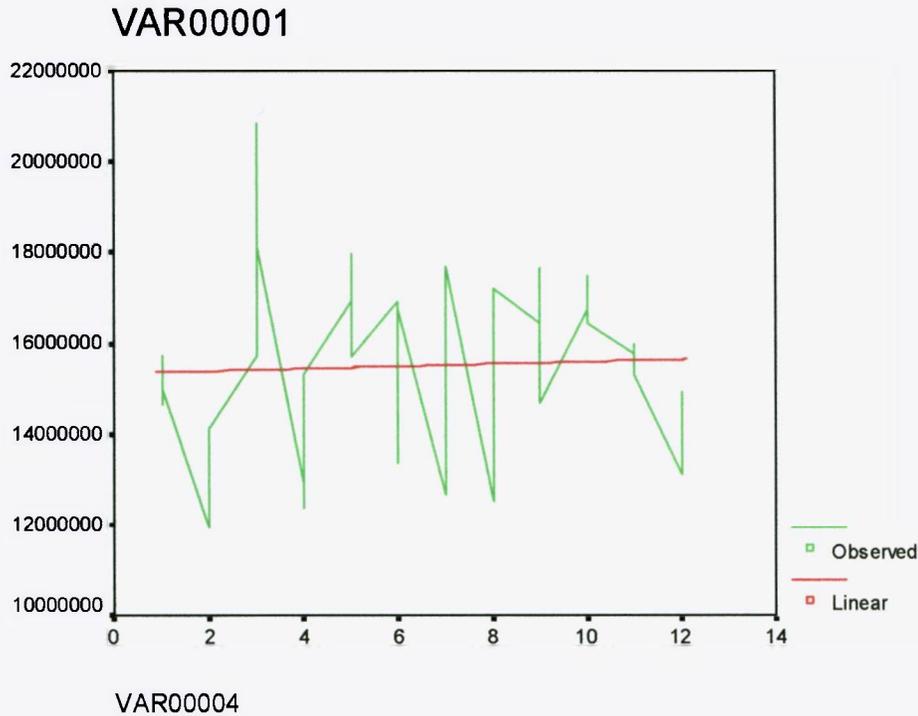


Como se puede observar, existe un cierto patrón de comportamiento estacional en las ventas del mes de Enero al mes de Mayo y de Octubre a Diciembre. Sin embargo, es difícil precisar cómo se comportarán las ventas en los meses de Junio a Septiembre ya que en todos los años se han tenido comportamientos erráticos durante estos meses.

4.7 Elementos de tendencia

Antes de seleccionar los modelos de pronósticos a probar, es necesario determinar si existe un factor de tendencia en las ventas mes a mes, utilizando para ello la regresión lineal y obtener el coeficiente de determinación R^2 para la muestra. Recordemos que R^2 es la proporción de la variación en las ventas explicada por una curva de regresión. El valor $R^2=0$ indica que nada de la variación en las ventas se ve explicada por la regresión en el tiempo, y el valor de $R^2=1$ indicaría entonces que toda la variación de las ventas (Y) se explica por la regresión en el tiempo (X).

Utilizando el software estadístico SPSS, se obtuvo la curva de regresión lineal para los datos que van de Enero de 1999 a Diciembre de 2001; obteniendo una $R^2 = 0.05291$ y un estadístico $t=1.378$. Ahora bien, la representación de la regresión lineal se ve mejor explicada en la gráfica que se muestra como sigue:



Considerando que los valores críticos para t para $n-2$ grados de libertad (34) y $\alpha=0.05$ es 1.749 entonces podemos inferir que la evidencia estadística existente nos permite afirmar que no existe un elemento de tendencia en las ventas de M&G.

4.8 Selección del modelo de pronósticos

Debido a que las ventas mes a mes se han mantenido en un rango constante, es decir, no se observa una tendencia ascendente o descendente y considerando la variación estacional en 7 de los 12 meses, se decidió probar con el modelo estacional horizontal en primer término. Dado que la utilización de este modelo en todos los meses arroja un error muy alto en los meses que no tienen un ciclo o tendencia definidos, también se utilizó el

método de promedio móvil simple y un método híbrido resultado de la combinación de ambos.

Como base para el estudio se utilizó la información de las ventas en 24 meses; de Enero de 1999 a Diciembre de 2000. Con esta información se proyectaron los meses de Enero a Diciembre de 2001; y se compararon contra las ventas reales de los mismos meses para encontrar los errores y compararlos contra los pronósticos que se hacen ahora (sin base estadística). A continuación se presentan los datos utilizados como base del estudio Estos datos se encuentran en libras (esquematizados en la Tabla 4.6.1):

Tabla 4.7.1 Listado de ventas brutas M&G Ene 1999 a Dic 2000

T	xT
Jan-99	14,642,689
Feb-99	11,927,395
Mar-99	15,727,269
Abr-99	12,937,093
May-99	16,913,734
Jun-99	16,912,879
Jul-99	12,643,537
Ago-99	12,524,969
Sep-99	16,421,670
Oct-99	16,751,094
Nov-99	15,763,497
Dic-99	13,106,514
Ene-00	15,721,542
Feb-00	13,440,043
Mar-00	20,843,535
Abr-00	12,375,286
May-00	17,984,235
Jun-00	13,354,049
Jul-00	16,184,909
Ago-00	16,679,967
Sep-00	17,670,512
Oct-00	17,500,650
Nov-00	15,990,637
Dic-00	14,941,376

A) Modelo Estacional Horizontal (Thomopoulos, 1986)

Como paso inicial se seleccionaron los parámetros de suavización α y γ . El parámetro α influye en la estimación de la demanda mensual promedio, el cual es el último paso antes de estimar los pronósticos de los siguientes 12 meses. El parámetro γ se utiliza para encontrar la influencia estacional mes a mes (*seasonal ratio*). Se utilizó para ello el método de ensayo y error; tomando como referencia la desviación estándar del error al comparar las ventas contra el pronóstico; encontrando los siguientes resultados:

Tabla 4.7.2 Búsqueda de los parámetros de referencia α y γ utilizando 12 meses.

ECM	α	γ
15,140,682,418,878.90	0.05000	0.050
14,554,921,532,719.50	0.10000	0.100
14,399,525,855,305.00	0.10000	0.200
14,225,172,840,184.50	0.10000	0.300
14,060,594,785,134.00	0.10000	0.400
13,943,310,592,121.80	0.10000	0.500
13,919,392,883,866.30	0.10000	0.600
14,043,308,757,255.70	0.10000	0.700
15,007,786,044,585.70	0.20000	0.100
14,885,425,706,996.00	0.20000	0.200
14,374,241,464,058.60	0.20000	0.600
14,407,960,934,764.40	0.20000	0.700

Una vez seleccionados los parámetros de referencia utilizando como guía de selección el menor error cuadrado medio entre las ventas de 2001 y el pronóstico A (utilizando Winters), se elaboraron los cálculos para encontrar el mes base sobre el que se generaron los pronósticos de Enero a Diciembre de 2001 (pronóstico A). A continuación se presenta el resultado del cálculo:

Tabla 4.7.3 Resultado del pronóstico estacional horizontal (Pronóstico A)

	Pronóstico 2001	Ventas 2001	ERROR CUADRADO
Enero	15,812,440.53	15,011,549.25	641,426,845,482.24
Febrero	13,235,327.13	14,136,595.76	812,285,147,654.84
Marzo	19,341,599.08	18,116,064.93	1,501,933,944,456.77
Abril	12,712,915.40	15,312,874.07	6,759,785,059,404.93
Mayo	17,805,772.32	15,699,669.80	4,435,667,841,234.50
Junio	14,759,843.41	16,753,207.87	3,973,501,884,253.80
Julio	15,120,597.33	17,682,036.76	6,560,971,980,695.18
Agosto	15,232,898.39	17,208,803.84	3,904,202,339,997.85
Septiembre	17,175,523.95	14,696,453.06	6,145,792,485,700.69
Octubre	17,175,279.58	16,433,394.45	550,393,552,129.46
Noviembre	15,861,527.61	15,301,768.51	313,330,243,187.29
Diciembre	14,232,998.99	13,126,167.93	1,225,075,003,357.61
ERROR CUADRADO MEDIO			3,068,697,193,962.93

Si comparamos el pronóstico anual de M&G contra las ventas de 2001 encontramos el siguiente resultado:

Tabla 4.7.4 Comparativo entre el pronóstico M&G y las ventas de 2001

	Pronóstico M&G	Ventas 2001	Error M&G
Enero	15,011,549	14,109,568	813,570,177,563
Febrero	14,136,596	14,219,799	6,922,779,254
Marzo	18,116,065	14,109,568	16,052,017,665,581
Abril	15,312,874	16,424,419	1,235,532,137,451
Mayo	15,699,670	17,901,514	4,848,119,659,644
Junio	16,753,208	17,835,376	1,171,087,429,357
Julio	17,682,037	16,600,789	1,169,097,589,623
Agosto	17,208,804	16,027,587	1,395,272,269,310
Septiembre	14,696,453	15,873,264	1,384,883,998,205
Octubre	16,433,394	16,314,188	14,210,177,470
Noviembre	15,301,769	16,093,726	627,196,658,849
Diciembre	13,126,168	15,873,264	7,546,536,831,248
ERROR CUADRADO MEDIO			3,022,037,281,129.63

Entonces; comparando los errores cuadrados medios se evidencia que el pronóstico M&G se acercó más al resultado final de las ventas; aunque ambos errores se encuentran muy cerca entre sí.

Esto nos indica que un pronóstico basado puramente en lo estacional no es más acertado que la estimación actual de M&G. Así pues, se pasa a la segunda fase del estudio.

B) Pronóstico con promedio móvil simple.

Una vez más, se tomaron los datos de ventas de Enero de 1999 a Diciembre de 2000 para realizar un pronóstico móvil simple; con $n=2, 3, 4... 12$; esperando con ello encontrar un error cuadrado medio menor al del pronóstico A y al del pronóstico M&G. Se encontró que utilizando un promedio móvil simple con $N=3$; si tomamos los meses de Septiembre a Diciembre de 2000 como partida para pronosticar las ventas de Enero a Diciembre de 2001 encontramos el menor error cuadrado medio (al comparar el pronóstico B con las ventas de 2001):

Tabla 4.7.5 Comparativo de errores con promedio móvil simple.

Cálculo del Pronóstico B utilizando PMS			
	N=3	Ventas 2001	Error Cuadrado
Enero	16,144,221	15,011,549	1,282,944,421,666
Febrero	15,542,798	14,136,596	1,977,404,954,952
Marzo	15,843,509	18,116,065	5,164,508,890,378
Abril	15,693,154	15,312,874	144,612,607,438
Mayo	15,768,332	15,699,670	4,714,433,506
Junio	15,730,743	16,753,208	1,045,435,187,258
Julio	15,749,537	17,682,037	3,734,555,046,562
Agosto	15,740,140	17,208,804	2,156,973,913,370
Septiembre	15,744,838	14,696,453	1,099,111,956,833
Octubre	15,742,489	16,433,394	477,350,126,858
Noviembre	15,743,664	15,301,769	195,271,449,716
Diciembre	15,743,076	13,126,168	6,848,210,374,482
ERROR CUADRADO MEDIO			2,169,787,534,222

El error cuadrado medio para este pronóstico; comparado con las ventas de 2001 es menor que el del pronóstico A y también menor que el pronóstico M&G, aunque se encuentra que para los meses en donde según la gráfica parece haber estacionalidad; existe una variación menor cuando se utiliza el pronóstico A.

C) Combinación de ambos métodos ó pronóstico híbrido.

Dado que observamos resultados convincentes utilizando el pronóstico estacional pero diferencias muy grandes en los meses de Abril a Agosto; y diferencias menores

utilizando el pronóstico móvil simple decidimos combinar ambos métodos y modelar los meses de Enero a Marzo y de Septiembre a Diciembre con el modelo estacional horizontal; y el resto del año con un promedio móvil simple. Para este último cálculo se tomaron las ventas de Abril a Agosto de 1999 y de 2000; con los que se hizo un promedio móvil simple con N igual a 2, 3, 4, 5 y 6. El resultado del pronóstico fue tomado como el pronóstico para los meses de Abril a Septiembre del año siguiente; y se combinó con los resultados arrojados por el modelo de pronósticos estacional para encontrar el menor error cuadrado medio.

Como primer paso se hicieron pronósticos con diferentes “n” para después compararlos contra las ventas reales y determinar las diferencias para encontrar la “n” óptima; los resultados están resumidos en la tabla 4.7.6.

Tabla 4.7.6 Elaboración de pronósticos C ó pronósticos híbridos con diferentes “n” para los meses calculados utilizando promedio móvil simple.

	Ventas 2001	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6
Enero	15,011,549	15,812,441	15,812,441	15,812,441	14,502,339	14,502,339
Febrero	14,136,596	13,235,327	13,235,327	13,235,327	12,170,868	12,170,868
Marzo	18,116,065	19,341,599	19,341,599	19,341,599	17,811,519	17,811,519
Abril	15,312,874	16,432,438	15,406,309	16,050,790	15,315,689	16,050,790
Mayo	15,699,670	16,556,203	16,090,395	15,567,429	15,903,770	15,567,429
Junio	16,753,208	16,494,321	16,058,890	16,120,774	15,487,677	16,120,774
Julio	17,682,037	16,525,262	15,851,865	16,104,740	15,914,403	16,104,740
Agosto	17,208,804	16,509,791	16,000,383	15,960,933	15,860,301	15,960,933
Septiembre	14,696,453	17,175,524	17,175,524	17,175,524	17,175,524	17,175,524
Octubre	16,433,394	17,175,280	17,175,280	17,175,280	17,175,280	17,175,280
Noviembre	15,301,769	15,861,528	15,861,528	15,861,528	15,861,528	15,861,528
Diciembre	13,126,168	14,232,999	14,232,999	14,232,999	13,465,569	13,465,569

A continuación se presenta el comparativo del error cuadrado medio utilizando los resultados anteriores contra las ventas reales. Esta tabla fue útil para encontrar la N más óptima para los meses en donde se usaría el promedio móvil simple.

Tabla 4.7.7 Cálculo del error cuadrado medio para pronósticos híbridos.

	Ventas 2001	Pron A + PMS N=2	Pron A + PMS N=3	Pron A + PMS N=4	Pron A + PMS N=5	Pron A + PMS N=6
Enero	15,011,549	641,426,845,482	641,426,845,482	641,426,845,482	259,295,431,999	259,295,431,999
Febrero	14,136,596	812,285,147,655	812,285,147,655	812,285,147,655	3,864,087,487,380	3,864,087,487,380
Marzo	18,116,065	1,501,933,944,457	1,501,933,944,457	1,501,933,944,457	92,748,523,685	92,748,523,685
Abril	15,312,874	1,253,424,082,937	8,729,994,792	544,520,298,448	7,926,161	544,520,298,448
Mayo	15,699,670	733,648,797,093	152,666,215,927	17,487,642,760	41,656,928,056	17,487,642,760
Junio	16,753,208	67,022,641,381	482,076,908,475	399,972,659,894	1,601,568,371,183	399,972,659,894
Julio	17,682,037	1,338,128,590,300	3,349,530,105,289	2,487,864,716,987	3,124,530,454,917	2,487,864,716,987
Agosto	17,208,804	488,618,779,956	1,460,280,163,776	1,557,180,834,469	1,818,459,128,142	1,557,180,834,469
Septiembr	14,696,453	6,145,792,485,701	6,145,792,485,701	6,145,792,485,701	6,145,792,485,701	6,145,792,485,701
Octubre	16,433,394	550,393,552,129	550,393,552,129	550,393,552,129	550,393,552,129	550,393,552,129
Noviembre	15,301,769	313,330,243,187	313,330,243,187	313,330,243,187	313,330,243,187	313,330,243,187
Diciembre	13,126,168	1,225,075,003,358	1,225,075,003,358	1,225,075,003,358	115,192,863,474	115,192,863,474
ERROR CUADRADO MEDIO		1,601,554,46	1,745,731,867,	1,657,165,75	1,955,104,259,	1,906,738,27

Finalmente, al utilizar una $n=2$ para los meses de Abril a Agosto y el pronóstico estacional A para los meses de Enero a Marzo y Septiembre a Diciembre se obtiene un error cuadrado medio de 32,951,426,960 libras. Esta cantidad representa un 48% menos que el pronóstico A; un 26% menos que el pronóstico B y un 47% menos que el pronóstico M&G. Así pues, se concluye que al combinar ambos métodos se obtiene un mejor instrumento para la elaboración del pronóstico anual de ventas para M&G Américas.

4.9 Conclusiones

Para apoyar las conclusiones de este estudio, se presentan las siguientes gráficas que comparan los diferentes pronósticos obtenidos en este estudio contra las ventas reales de 2001.

Figura 4.9.1 Comparativo de pronósticos A, B, C vs ventas 2001

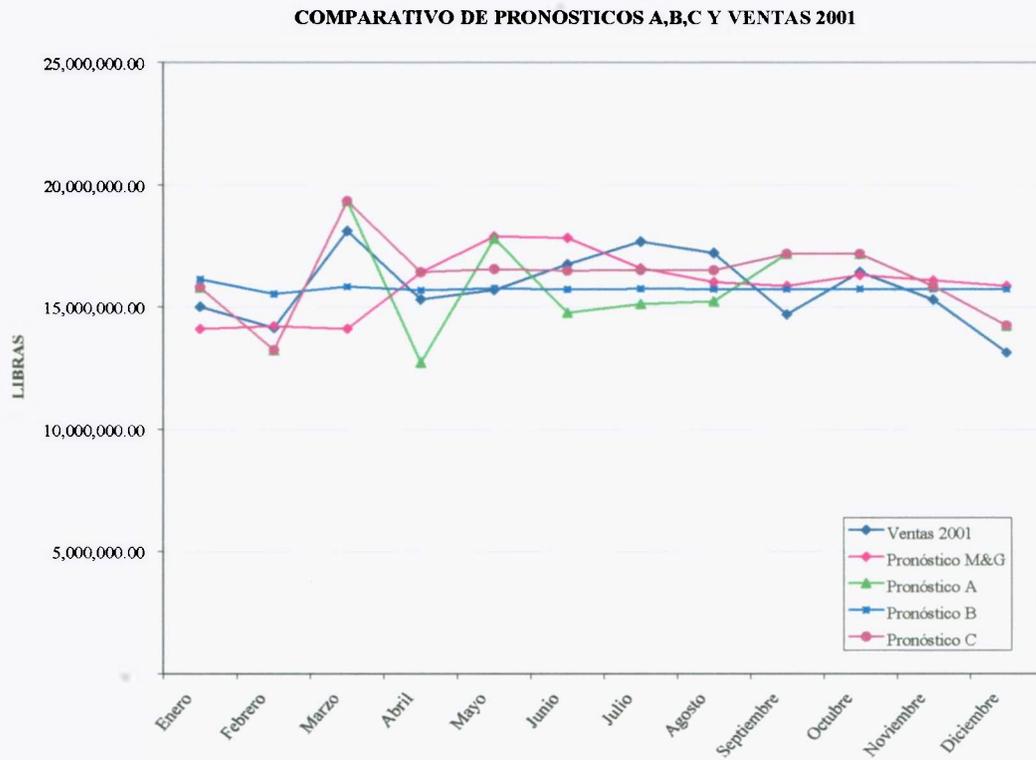


Figura 4.9.2 Comparativo de pronósticos M&G vs ventas 2001

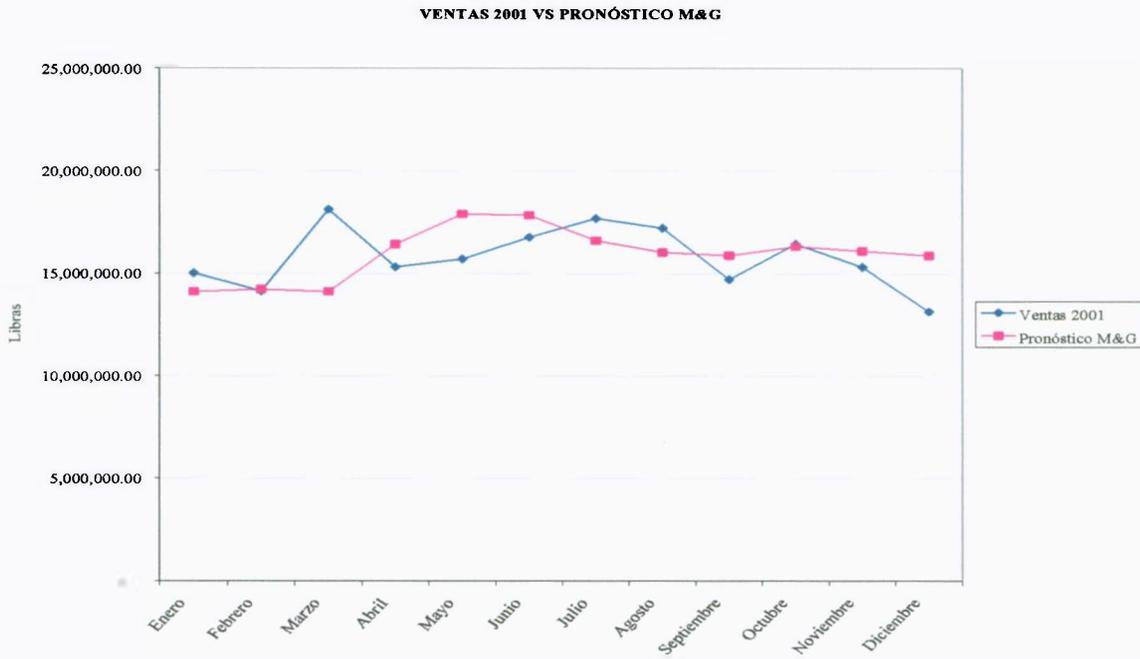


Figura 4.9.3 Comparativo de pronóstico estacional vs ventas 2001

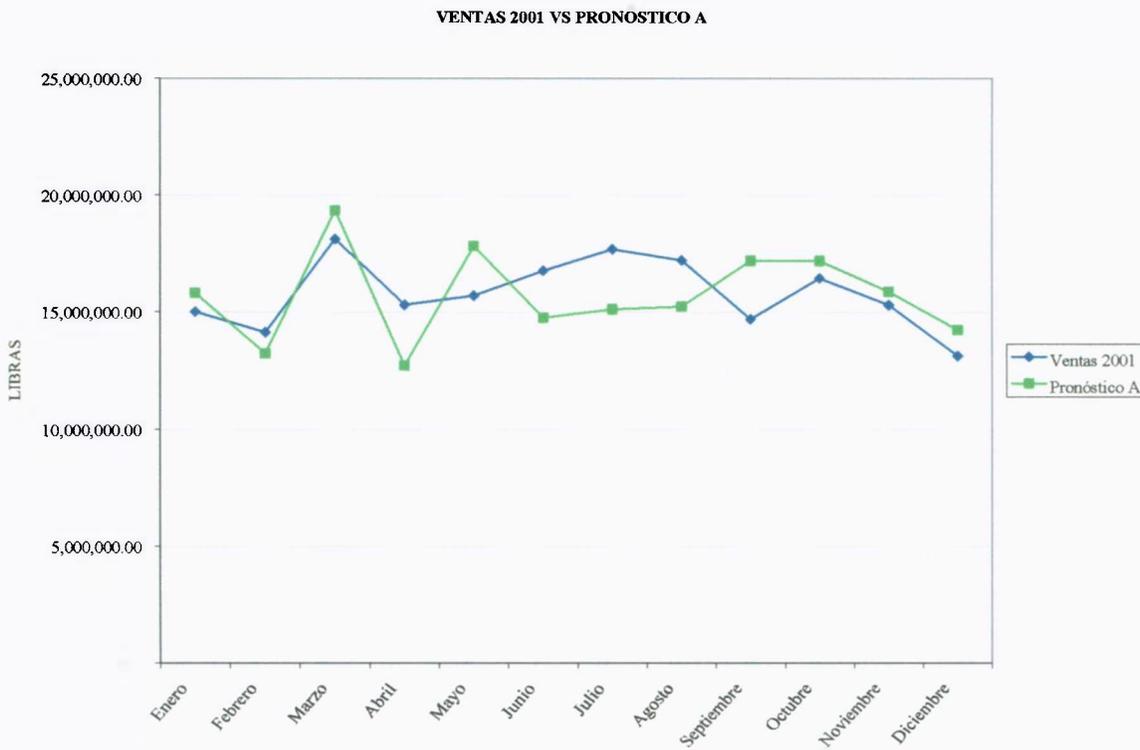


Figura 4.9.4 Comparativo de pronóstico con promedio móvil simple B vs ventas 2001

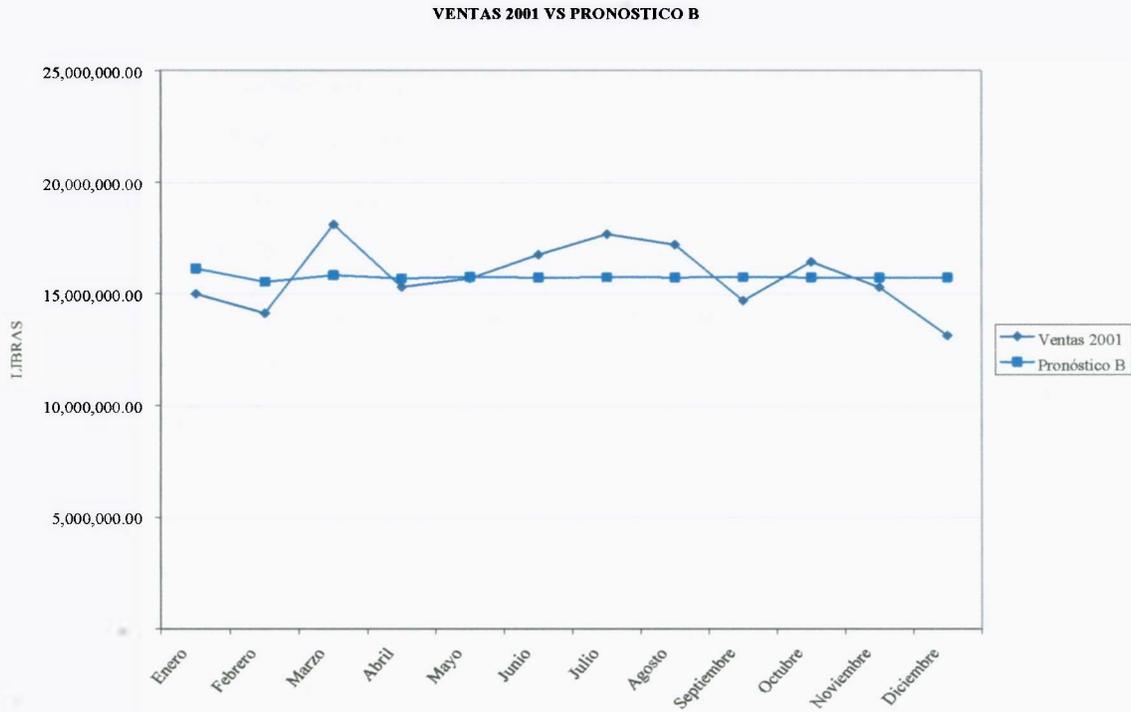
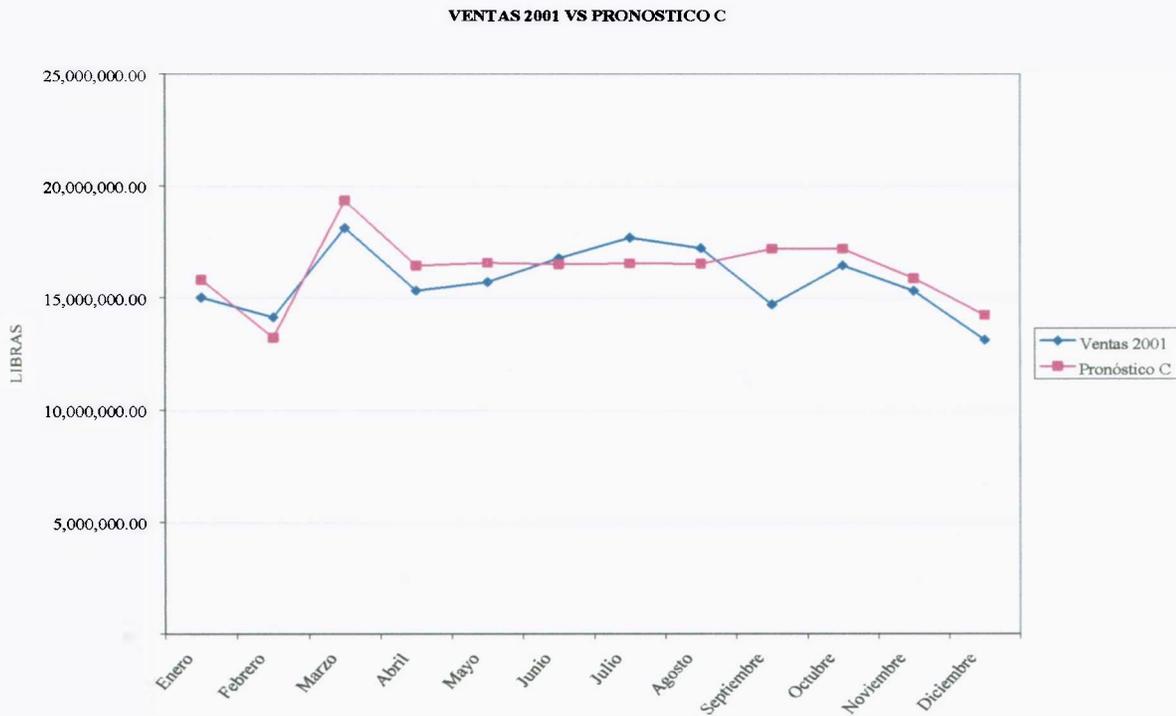


Figura 4.9.5 Comparativo de pronóstico híbrido C vs ventas 2001



Utilizando los datos disponibles de ventas de M&G para los meses de Enero a Diciembre de 1999, 2000 y 2001; es posible concluir que no existe una tendencia en el resultado de las ventas a través del tiempo, sin embargo la representación gráfica indica un elemento de estacionalidad en algunos meses del año.

Basados en los datos históricos de ventas de 1999 a 2000; los resultados de este estudio nos permiten rechazar la hipótesis nula y afirmar que un modelo híbrido de pronósticos; basado en un pronóstico estacional para los meses de Enero a Marzo y de Septiembre a Diciembre; y un pronóstico móvil simple para los demás meses del año; es una mejor herramienta para modelar las ventas de M&G Polímeros Américas que un pronóstico puramente estacional, que un pronóstico basado en promedios o bien que un pronóstico elaborado con datos puramente cualitativos.

4.10 Mecánica del pronóstico híbrido

A continuación se presenta la mecánica de operación del modelo híbrido para el caso de M&G; expuesto en la presente tesis. Para aplicar el modelo híbrido es importante que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Contar con al menos 36 datos históricos de ventas como muestra.
- b) Utilizar 24 de estos 36 meses en la formulación de pronósticos y los 12 más recientes como elementos de control.

Los pasos en la elaboración del pronóstico se enumeran como sigue:

i) Graficar los datos mes a mes; año por año. Utilizar para ello una gráfica de líneas asignando un año a una serie.

ii) Determinar mediante la gráfica los meses en donde hay estacionalidad y aquellos que se mueven en un rango horizontal.

iii) Aplicar el método de pronósticos estacional horizontal mediante los siguientes pasos (Thomopoulos 1980):

- 1.- Encuentre la demanda mensual promedio para cada año.
- 2.- Calcule el factor estacional para cada mes de la muestra.
- 3.- Encuentre el factor estacional promedio para cada uno de los 12 meses calendario.

- 4.- Aplique los parámetros de estacionalidad y de suavización.
- 5.- Normalice los 12 parámetros estacionales más recientes de forma que su promedio sea 1.
- 6.- Establezca los pronósticos para el periodo de tiempo futuro T. Note que dado que existe un parámetro de estacionalidad para cada mes calendario, los pronósticos se repetirán después del periodo de tiempo $T=12$.
- iv) Seleccione los pronósticos para los meses que presentan estacionalidad.
- v) Por otro lado; enliste los valores de ventas para los meses que presentan una demanda horizontal. No es posible que un mismo mes esté dentro del grupo que presenta estacionalidad y al mismo tiempo formar parte del grupo que presenta demanda horizontal.
- vi) Con el listado de meses con demanda horizontal ($n=h$); elabore pronósticos móviles simple con $n=2, n=3, \dots n=h$. Deberá encontrar un número de pronósticos igual a h (el número de meses con demanda horizontal).
- vii) Combine los pronósticos estacionales con los promedios móviles simple de los meses con demanda horizontal. Encuentre las diferencias entre el pronóstico y el resultado de ventas en el año de control; elévelos al cuadrado y encuentre el error cuadrado medio. Haga lo mismo cambiando los valores de los meses con demanda horizontal con cada pronóstico $n=2, n=3 \dots n=h$.
- viii) Identifique el grupo de datos que presente un error cuadrado medio menor.
- ix) Con esto se podrá encontrar qué “n” a utilizar al elaborar los pronósticos móviles simples para los meses con demanda horizontal.
- x) Ha obtenido el pronóstico híbrido con elementos de demanda estacional y horizontal.

CAPÍTULO 5

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se recomienda para estudios futuros agregar las ventas de 2001 al cúmulo de datos base del estudio y realizar las mismas pruebas que se hicieron a los datos de 1999 y 2000. Con los resultados; elaborar un pronóstico para 2002. Al obtener la información de las ventas reales mes a mes; hacer un comparativo y evaluar la efectividad del método utilizando el valor del error cuadrado medio con ello se puede validar el uso de un modelo híbrido para pronosticar las ventas de M&G o bien; según evolucionan los periodos de tiempo redefinir el comportamiento de las mismas en algún modelo de pronósticos.

Es recomendable además; investigar el impacto en costo cuando el resultado de las ventas es mayor o menor al pronosticado. Se deberán definir el impacto que tiene en los márgenes o utilidad de la empresa; factores como el costo de mantener inventarios, el nivel de servicio deseado, el costo por embarques urgentes y por mantener órdenes en espera. Con esto se recomienda obtener el costo de servicio y el costo de inventario con los que se pueda ponderar la importancia del error en el pronóstico, y la importancia relativa cuando se sobreestiman o subestiman las ventas.

También es importante establecer la correlación entre los factores cuantitativos de mercado y el resultado de las ventas. Se cuenta entre estos factores la introducción del PET en nuevas aplicaciones (como puede ser el embotellado de cerveza a gran escala), el cambio en la oferta (incrementos de capacidad, apertura de nuevas plantas productivas) y los cambios de precio. Además hay que considerar el ciclo de vida del PET y los macro ciclos propios del mercado.

Finalmente, es recomendable someter los resultados que arroje el modelo de pronósticos a juicio de expertos, quienes podrán evaluar los pronósticos estadísticos para determinar si existen factores independientes, tales como catástrofes naturales, nuevos contratos o estrategias futuras de negocio (descuentos especiales, compromisos de largo plazo, cierre de operaciones, declaración de bancarrota) que tuvieron influencia en los datos

de ventas del pasado y que de alguna forma tendrán una influencia directa en el resultado de las ventas en un futuro.

La utilidad del presente trabajo estará definida por la aplicación que de él se haga en la vida laboral del investigador. Como se estableció en capítulos precedentes; el acierto en los pronósticos hace posible una planeación de la producción más sencilla, y un manejo de inventarios más eficiente; lo que redundará en un mejor servicio al cliente final y menores costos para la empresa.

Es la intención del autor proseguir con el estudio de las ventas en M&G Américas y con los resultados obtenidos en este trabajo establecer una disciplina de análisis estadístico que le permita a las personas involucradas tomar mejores decisiones y con ello realizar una planeación estratégica más acertada; alineando así el proceso de estimación de ventas a la visión del Gruppo M&G: ser el líder del mercado del PET en el mundo.

GLOSARIO

AMORFO.- Grado morfológico en el cual las cadenas del polímero tienen una orientación aleatoria (Entrecruzadas y Dobladas). En este caso, la luz pasa a través de los huecos y el producto es transparente.

CATALIZADOR.- Producto químico que facilita y controla la velocidad de la reacción de polimerización. Se agregan en pequeñas cantidades para que generen productos intermediarios o activen la reactividad del monómero.

CRISTALINO.- Grado morfológico en el cual las cadenas se alinean en cierta dirección, con lo cual impiden el paso de la luz a través de ellas (Imagine un haz de lápices apretados unos con otros). El PET cristalino tiene una coloración blanca.

ESTABILIZADOR.- Productos químicos que "eliminan" condiciones que favorezcan las reacciones secundarias.

ESTER.- Producto químico resultante de la reacción de un Acido (TPA) y un alcohol (EG), en condiciones de temperatura y presión controlada. Observe que la reacción es reversible.

GRADO DE POLIMERIZACION (PD).- Es el número promedio de moléculas de monómero contenidas en las cadenas del polímero.

MORFOLOGIA.- Se refiere a la forma específica de orientación de un polímero. Puede haber dos grados: amorfo y cristalino.

PESO MOLECULAR.- Es el peso promedio de las cadenas de polímero. Es una medida indirecta del tamaño de la molécula o longitud de las cadenas. A mayor peso molecular, mayor grado de polimerización y mayor viscosidad.

POLIESTER.- Polímero de condensación formado por la unión "cabeza con cola" de un gran número de moléculas de ester, bajo condiciones de temperatura y presión controladas. Al igual que la formación del Ester, la reacción de POLIMERIZACION por CONDENSACION es reversible. Para garantizar la formación del poliéster, es necesario eliminar de la reacción el Etilen glicol y el agua. Esto se realiza por medio de vacío en una reacción líquida o por barrido de nitrógeno en una reacción en estado sólido. Normalmente

se utilizan pequeñas cantidades de catalizadores y estabilizadores para generar características específicas en el producto resultante.

REACCIONES SECUNDARIAS.- Reacción no deseada que desmerita la calidad final del producto.

TEMPERATURA DE CRISTALIZACION.- Temperatura a la cual el polímero empieza a cristalizar.

TEMPERATURA DE FUSION (Melting Point).- Temperatura a la cual el polímero empieza a fundirse. Entre mayor sea la temperatura de cristalización de un PET, mayor será su temperatura de fusión.

TEMPERATURA DE TRANSICION (T_c)- Temperatura a la cual las moléculas ya han recibido el suficiente calor para iniciar su movimiento. Grado de transición entre amorfo y cristalino.

TIEMPO DE RESIDENCIA.- Tiempo que tarda reaccionando una determinada cantidad de material. En procesos continuos como el nuestro, será el lapso que ocurre desde que entra hasta que sale un "paquete" unitario de material en el reactor.

VISCOSIDAD INTRÍNSECA (IV).- Es una medida indirecta de la fricción interna de un fluido. Es la dificultad a fluir que presenta el polímero cuando está fundido. Conforme se incrementa el grado de polimerización, se incrementa la viscosidad. Se analiza esta propiedad en el PET para calcular indirectamente el peso molecular del polímero.

BIBLIOGRAFIA

Steve Geary y Jan Paul Zonnenberg. What it Means to be Best in Class. Supply Chain Management Review On Line. www.manufacturing.net (September 2000)

Ronald H. Ballou. Business Logistics Management. Editorial Prentice Hall. 3a Edición (1992)

Coyle, Bardi, Langley. The Management of Business Logistics. West Publishing Company. 4a edición. (1988)

Richard J. Schonberger. Building a Chain of Customers Editorial. The free press (1990)

A. Silver, F. Pyke & R. Peterson. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. John Wiley and Sons. 3a Edición (1998)

Alla Linetsky. Setting up Effective Data Collection System for Demand Forecasting. Supply Chain & Logistics Journal On Line. www.infochain.org (Noviembre 1999)

Nick T. Thomopoulos. Applied Forecasting Methods. Prentice Hall (1980)

William A. Spurr / Charles P. Bonini Statistical Analysis for Business Decisions Richard D. Irwin, Inc. Revised Edition (1973)

Alan D. Luber. MRP II Cómo optimizar la Productividad, la Calidad y el Circulante. Ediciones Gestión 2000 (1998)

David L. Anderson, Frank E. Britt, and Donavon J. Favr. The Seven Principles of Supply Chain Management. Supply Chain Management Review On Line. www.manufacturing.net (Septiembre 2000)

Teresa Arduino. Manejo de Materiales, No sólo Guardar y Mover. Manufactura. Pag. 23-26 (Septiembre 1999)

Merrle Thomas Jr. Emerging Technology: Production Scheduling Matures. Revista Industrial Engineering. Pag 100-115 (Enero 1997)

Thomas Rizzo M&G Polymers Website. <http://www.mgpolymers.com/> (Mayo 2001).

Derek Roux Strategic Management of Stockholding Policy <http://www.execulink-inventory-mgt.co.uk/policy.htm> (2001)

David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi. Designing and Managing the Supply Chain : Concepts, Strategies, and Cases Irwin/McGraw-Hill. 1a edición (Agosto 20, 1999)

Christopher, Martin. Logistics and Supply Chain Management : Strategies for Reducing Cost and Improving Service. Financial Times-Prentice Hall Publishing. 2a Edición (Abril 1999)

Box, George E. P. y Gwilym M. Jenkins Time Series Analysis: Forecasting and Control. Edición Revisada Holden-Day, Oakland California (1976)

Makridakis, Wheelwright & McGee. Forecasting Methods and Applications. Editora Wiley Segunda Edición. (1989)

Thomopoulos, Nick T. Applied Forecasting Methods. Editora Prentice-Hall, Inc. Primera Edición (1980)

Pindyck, Robert S. y Rubinfeld, Daniel L. Econometría, modelos y pronósticos. Editora Mc Graw Hill. Cuarta Edición (2001)

Steve Geary y Jan Paul Zonnenberg. What it Means to be Best in Class. Supply Chain Management Review On Line. www.manufacturing.net (September 2000)

Decision Analyst, Inc. Qualitative Research Study.
www.decisionanalyst.com/Services/qualitat.htm (Marzo 2002)

Iman, Ronald L y Conover, W.J. Modern Business Statistics. Editora Wiley & Sons. Segunda Edición (1989)

Sharp, Westat & Frechtling. User-Friendly Handbook for Mixed Method Evaluations. <http://www.ehr.nsf.gov/rec/pubs/nsf97-153/START.HTM>. National Science Foundation (August 1997)

